

12

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

21 Anmeldenummer: 85114098.8

51 Int. Cl.⁴: **G 01 P 5/10**
G 01 F 1/68

22 Anmeldetag: 05.11.85

30 Priorität: 06.11.84 DE 3440526

43 Veröffentlichungstag der Anmeldung:
14.05.86 Patentblatt 86/20

84 Benannte Vertragsstaaten:
AT BE CH DE FR GB IT LI LU NL SE

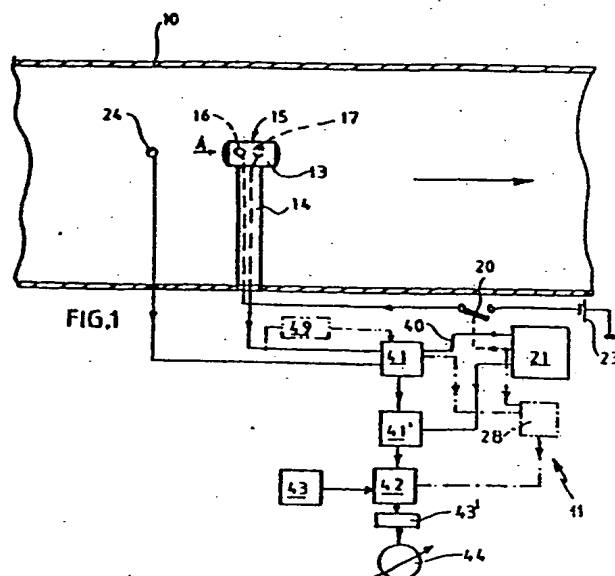
71 Anmelder: Bürkle, Walter
Kelterweg 29
D-7036 Schönaich(DE)

72 Erfinder: Bürkle, Walter
Kelterweg 29
D-7036 Schönaich(DE)

74 Vertreter: König, Oskar, Dr.-Ing. Dipl.-Phys.
Klüpfelstrasse 6 Postfach 51
D-7000 Stuttgart 1(DE)

54 Verfahren und Einrichtung zum Fühlen von Strömungsgeschwindigkeiten und/oder Durchflüssen.

57 Verfahren und Einrichtung zum diskontinuierlichen Fühlen der Strömungsgeschwindigkeit eines Fluids und/oder des Durchflusses des Fluids durch eine Leitung oder dergl. Zur Durchführung eines einzelnen Fühlvorganges wird mindestens einem vorbestimmten Bereich einer Sonde (15) durch Beheizung bzw. Kühlung in vorbestimmter Dosierung und/oder mit vorbestimmter Leistung Wärme zugeführt oder entzogen. Der Sondentemperaturverlauf ist während des einzelnen Fühlvorganges von der momentanen Strömungsgeschwindigkeit bzw. dem momentanen Durchfluss des Fluids abhängig und es wird aus diesem Sondentemperaturverlauf auf die Strömungsgeschwindigkeit bzw. den Durchfluß geschlossen.



Herr Walter Bürkle, Ing.
7036 Schönaich

Verfahren und Einrichtung zum Fühlen von Strömungs-
geschwindigkeiten und/oder Durchflüssen

Die Erfindung betrifft ein Verfahren gemäß dem Ober-
begriff des Anspruches 1 und eine Einrichtung zur
Durchführung dieses Verfahrens.

Unter einem Fluidum oder Fluid ist eine Flüssigkeit, ein Gas oder
Dampf verstanden. Der Durchfluß ist der Massenstrom oder
Volumenstrom des Fluids.

Das Fühlen von Strömungsgeschwindigkeiten bzw. Durch-
flüssen ist vielfach notwendig. Die Erfindung bezieht
sich dabei sowohl auf das Fühlen von Strömungsge-
schwindigkeiten in Rohren, Kanälen, Gewässern od. dergl.
als auch, wie bevorzugt vorgesehen, auf das Fühlen von
Durchflüssen von Fluiden durch Kanäle, Leitungen od.
dergl., insbesondere durch Rohre. Bei Strömungen vorge-
gebener Querschnitte kann man aus der Strömungsge-
schwindigkeit den Durchfluß und umgekehrt ermitteln.

BEST AVAILABLE COPY

1

- 5 Der Durchfluß kann der Massenstrom oder ggfs. auch der Volumenstrom des betreffenden Fluids sein.

Es sind sehr unterschiedliche Verfahren zur Ermittlung von Strömungsgeschwindigkeiten und Durchflüssen von Fluiden bekannt. Bei einem bekannten Verfahren dieser Art (DE-OS 26 39 729; s. hierzu auch die DE-OSn 29 34 565, 32 08 145, 29 34 566 und 32 20 170) wird dem strömenden Fluid durch eine in ihm ortsfest angeordnete Wärmequelle eine Temperatur-
15 erhöhung gegeben, die von dessen Strömung mitgeführt und deren Ankunft stromabwärts an einer vorbestimmten Stelle mittels eines Temperaturfühlers erfaßt wird. Die Strömungsgeschwindigkeit berechnet sich dann aus der Länge der Strecke zwischen der Wärmequelle
20 und dem Temperaturfühler und der Zeitdauer, die dieser erwärmte Fluidbereich von der Wärmequelle bis zum Temperaturfühler benötigt.

Dieses Verfahren ist jedoch verhältnismäßig ungenau, benötigt auch verhältnismäßig große
25 Mengen an Wärmeenergie und bedingt dadurch auch recht erhebliche Eingriffe in das Fluid. Auch muß die Meßstrecke von der Wärmequelle bis zum Temperaturfühler relativ groß sein, was bauliche Nachteile mit sich bringt, und es hat auch noch weitere Nachteile.

30

Es ist eine Aufgabe der Erfindung, ein Verfahren der im Oberbegriff des Anspruches 1 genannten Art zu schaffen, das auf einfache Weise Strömungsgeschwindigkeiten und/oder Durchflüsse von Fluiden in
35 weiten Geschwindigkeitsbereichen auch auf kurzer Strecke des Fluids

Best Available Copy

1

- 5 recht genau fühlen, erforderlichenfalls auch zahlen-
mäßig messen läßt, das sich ferner mit Einrichtungen
verhältnismäßig einfacher, kostengünstiger Bauarten durch-
führen läßt und mit geringem Verbrauch an
thermischer Energie und mit geringen Aus-
10 wirkungen auf das strömende Fluid auskommen kann.

- Für die Lösung dieser Aufgabe ist erfindungsgemäß ein Ver-
fahren gemäß Anspruch 1 vorgesehen. Eine erfindungsgemäße
Einrichtung zur Durchführung dieses Verfahrens ist
15 in Anspruch 23 beschrieben.

- Dieses erfindungsgemäße Verfahren läßt sich mit sehr
geringem Verbrauch an Wärmeenergie oder Kälteenergie (Kühlungsenergie)
durchführen und liefert dennoch recht genaue
20 Werte der Strömungsgeschwindigkeit bzw. des Durch-
flusses des betreffenden Fluids. Es läßt sich auch
über recht große Bereiche der Strömungsgeschwindigkeit bzw.
des Durchflusses anwenden und bedingt normalerweise
nur vernachlässigbare Auswirkungen auf das Fluid,
25 nämlich nur völlig unbedeutende Temperaturänderungen,
die praktisch fast Null sein können, und nur geringen
Strömungswiderstand oder je nach Anordnung und Ausbildung
der Sonde sogar gar keinen Strömungswiderstand oder
extrem geringen Strömungswiderstand. Auch benötigt es nur
30 sehr kurze Fluidstrecken.
Das erfindungsgemäße Verfahren kann ohne weiteres
so durchgeführt werden, daß es die Strömungsgeschwindig-
keit bzw. den Durchfluß in absoluten oder relativen
Zahlenwerten mißt. Es ist jedoch auch möglich, es
35 so durchzuführen, daß es der Strömungsgeschwindigkeit

BEST AVAILABLE COPY

1
5 bzw. dem Durchfluß entsprechende Signale, bspw.
elektrische Signale liefert, deren Signalthöhe oder
sonstiger Signalinhalt ein Maß für die Strömungsge-
schwindigkeit bzw. den Durchfluß ist und daß diese
10 Signale dann einer sie auswertenden oder weiterver-
arbeitenden Einrichtung oder dergl., vorzugsweise
dem Multiplikator eines Wärmemengenzählers zugeleitet
werden, in welchem Multiplikator aus ihnen durch
Multiplikation mit einer Temperaturdifferenz von
Vorlauf- und Rücklauffluid (Wasser, Dampf oder
15 dergl.) einer Heizungs- oder Klimaanlage die jeweils
momentane Wärmeleistung oder Kälteleistung ermittelt
und die dann, über die Zeit integriert, bspw. die
während einer Heizperiode durch einen Heizkreis ver-
brauchte Wärmemenge ergibt.

20

Besonders einfach ist es, vorzusehen, daß die Sonde
nur eine einzige Wärmequelle bzw. Kältequelle und/oder
nur einen einzigen Temperaturfühler zum Fühlen
25 der Sondentemperatur aufweist. Die Kältequelle kann
man auch als Wärmesenke bezeichnen.

Jedoch läßt sich in vielen Fällen die Ge-
30 nauigkeit des Fühlens der Strömungsgeschwindigkeit
bzw. des Durchflusses noch dadurch erhöhen, daß
die Temperatur der Sonde an mindestens zwei im
Abstand voneinander angeordneten Stellen der Sonde
durch Temperaturfühler gefühlt und für die der Er-
35 mittlung der Strömungsgeschwindigkeit bzw. des Durch-

Best Available Copy

1

- 5 flusses des Fluids dienende Sondentempera-
tur ein Mittelwert der von den Temperaturfühlern
gefühlten Temperaturen verwendet wird. Zu demselben
Zweck kann die Sonde in manchen Fällen auch mehr
als eine einzige Wärme- bzw. Kältequelle für die
10 der Sonde für den Fühlvorgang der Strömungsge-
schwindigkeit bzw. des Durchflusses des Fluids
zuzuführenden bzw. aus ihr abzuführenden Wärme aufweisen.

- Für den einzelnen Fühlvorgang der Strömungsge-
15 schwindigkeit bzw. des Durchflusses kann zweckmäßig von
einer vorbestimmten gefühlten Anfangstemperatur der Sonde
ausgegangen werden, bei der die für den Fühlvorgang er-
forderliche Beheizung bzw. Kühlung der Sonde be-
ginnt. Diese vorbestimmte Anfangstemperatur
20 kann vorzugsweise der Temperatur des Fluids zu
Beginn des Fühlvorganges entsprechen. Dies macht
es jedoch nach jedem Fühlvorgang der Strömungsge-
schwindigkeit bzw. des Durchflusses erforderlich,
bis zur Durchführung des nächsten Fühlvorganges zumindest
25 so lange zuzuwarten, bis die gefühlte Temperatur
der Sonde sich wieder der Temperatur des Fluids
angepaßt hat. Wenn es erwünscht ist, in kürzeren
Zeitabständen Fühlvorgänge der Strömungsgeschwindig-
keit bzw. des Durchflusses vorzunehmen, kann
30 dies zweckmäßig auf die Weise vorgenommen werden,
daß zum Zeitpunkt des Beginns der Beheizung bzw.
Kühlung der Sonde für den einzelnen Fühlvorgang

35

Best Available Copy

1

5 die gefühlte Temperatur der Sonde von der Temperatur des
Fluids abweicht, vorzugsweise mit vorbestimmter Differenz,
bei deren Eintreten jeweils ein Fühlvorgang beginnt oder
die mit Hilfe von Heiz- oder Kühlleistung der Wärme- bzw.
Kältequelle zwischen zwei Fühlvorgängen geregelt werden
10 kann. Um im Gefolge jedes einzelnen Fühlvorganges der
Strömungsgeschwindigkeit bzw. des Durchflusses möglichst
rasche Angleichung der gefühlten Temperatur der Sonde
an die Fluidtemperatur zu erreichen, kann man die
Sonde zweckmäßig sehr klein mit geringer Wärmekapazität
15 bauen und sie ferner zweckmäßig innerhalb des Fluids
anordnen, so daß sie allseitig von dem Fluid umspült
ist mit Ausnahme des oder der Bereiche, an denen sie
mit Streben oder dgl. mit der sie tragenden Rohrwandung
oder einem sonstigen Träger verbunden ist.

20

Es ist jedoch auch möglich, die Sonde an oder in der
Wandung des Kanals, der Leitung oder des Rohres für
das Fluid so anzuordnen, daß sie mindestens eine
vom Fluid benetzte Fläche aufweist, die dann
25 allein oder im wesentlichen dem Wärmeaustausch
zwischen Sonde und Fluid dienen kann. Der rest-
liche Oberflächenbereich der Sonde kann dann vorzugs-
weise gut wärmeisoliert sein. Durch eine solche Aus-
bildung wird der Strömungswiderstand der Sonde be-
30 sonders gering oder, wenn sie bündig mit der be-
treffenden Wand des Kanals, der Leitung des Rohres
oder dergl. für das Fluid verbunden ist, sogar
Null.

35

Best Available Copy

1

- 5 Ein einzelner Fühlvorgang zum Fühlen der Strömungs-
geschwindigkeit bzw. des Durchflusses benötigt bei dem
erfindungsgemäßen Verfahren nur wenig Zeit. Diese kann
vorzugsweise weniger als eine Minute betragen, vorzugs-
weise weniger als 30 Sekunden betragen. Bei räumlich
10 sehr kleinen Sonden geringer Wärmekapazität kann man
sogar mit nur einigen wenigen Sekunden Zeitdauer pro
Fühlvorgang oder sogar noch weniger rechnen. So ist es in
manchen Fällen bei räumlich sehr kleinen Sonden auch
möglich, daß der einzelne Fühlvorgang der Strömungs-
15 geschwindigkeit bzw. des Durchflusses sogar weniger
als eine Sekunde betragen kann, oft sogar weniger als
1/2 Sekunde.

- Die Erfindung ist insbesondere für Fluida geeignet,
20 deren Strömungsgeschwindigkeit bzw. Durchfluß sich nicht
fortlaufend rasch ändert, sondern nur selten oder nur
langsam ändert, wie es bspw. bei den Wärmeträgerfluiden
bei Heizungsanlagen und/oder Klimaanlage der Fall ist.
Die Erfindung kann jedoch auch zahlreiche andere An-
25 wendungsgebiete haben, bspw. die chemische Verfahrens-
industrie, kommunale Abwasseranlagen, Messungen in
Gewässern aller Art usw., wo es nicht auf kontinuierliches
Fühlen der Strömungsgeschwindigkeit bzw. des Durchflusses
ankommt, sondern sich periodisch oder zyklisch wieder-
30 holende Fühlvorgänge oder Fühlvorgänge in sonstigen
Zeitabständen ausreichend sind. Auch eignet sich das
erfindungsgemäße Verfahren für Fluida mit sehr großen
Geschwindigkeitsbereichen.

35

Best Available Copy

1

Das erfindungsgemäße Verfahren zeichnet sich auch
dadurch aus, daß die Sonde keine mechanisch bewegten
Teile benötigt, betriebssicher ist und keinem Ver-
schleiß unterliegt. Auch läßt sie sich problemlos
verschmutzungsunempfindlich ausbilden, bspw. durch
Überziehen ihrer Oberfläche oder zumindest des oder
der Bereiche, die mit dem Fluid in Kontakt kommen,
mit einer schmutzabweisenden Beschichtung, oder von
Zeit zu Zeit reinigen. Das erfindungsgemäße Verfahren
läßt sich nicht nur für reine Fluida sondern auch
für Unreinheiten enthaltende Fluida wie Heizungs-
wasser oder dergl., einsetzen.

15

Die Beheizung bzw. Kühlung der Sonde mit vorbestimmter
Dosierung der zuzuführenden oder zu entziehenden Wärme
bzw. mit vorbestimmter Heiz- oder Kühlleistung zwecks
Durchführung des einzelnen Fühlvorganges der Strömungs-
geschwindigkeit bzw. des Durchflusses des Fluids kann
auf unterschiedliche Weise erfolgen, vorzugsweise
elektrisch, in manchen Fällen aber auch nicht elektrisch
bspw. mittels eines Wärmeträgermediums. Die vorbestimmte
Dosierung kann im Zuführen bzw. Entziehen einer vor-
bestimmten, konstanten oder von mindestens einer Variablen,
wie der Fluidtemperatur, abhängigen Wärmemenge während
des betreffenden Fühlvorganges bestehen. Bei einer bevor-
zugten Ausführungsform ist vorgesehen, daß die Beheizung
bzw. Kühlung der Sonde für den einzelnen Fühlvorgang
durch kurzzeitige, impulsartige Zufuhr einer vorbestimmten
Wärmemenge oder kurzzeitigen, impulsartigen Entzug einer
vorbestimmten Wärmemenge erfolgt. Die Zufuhr bzw. der
Entzug der Wärme zur oder aus der Sonde kann insbesondere
mittels mindestens eines mit elektrischem Strom gespeis-
ten Heiz- oder Kühlelementes erfolgen, wie eines Heiz-
drahtes, eines Peltierelementes

35

Best Available Copy

1 oder dergl., und die Zufuhr bzw. Abfuhr der durch dieses
Element zu erzeugenden bzw. abzuführenden Wärmemenge kann
dann vorzugsweise durch kurzzeitiges Einschalten einer
5 elektrischen Strom- oder Spannungsquelle erfolgen. Diese
Strom- oder Spannungsquelle kann eine Konstantstromquelle
oder eine Spannungsquelle konstanter Spannung oder auch
alternierender Spannung sein. Auch kann der dieses
wärmezuführende oder wärmeentziehende, elektrisch
10 gespeiste Element beaufschlagende Strom durch die Ent-
ladung eines vorher auf eine vorbestimmte Spannung aufge-
ladenen Kondensators erfolgen, so daß dieses Element durch
eine vorbestimmte elektrische Energiemenge zur
impulsartigen Zufuhr einer vorbestimmten Wärmemenge
15 oder impulsartigem Entzug einer vorbestimmten Wärmemenge
in die Sonde bzw. aus der Sonde beaufschlagbar ist.
Die vorbestimmte Wärmemenge oder, falls die mindestens
eine Wärme- bzw. Kältequelle der Sonde mit vorbestimmter
Heiz- bzw. Kühlleistung Wärme zuführt oder entzieht,
20 diese Heiz- bzw. Kühlleistung kann vorzugsweise konstant,
oder in manchen Fällen auch zweckmäßig abhängig von
mindestens einer Variablen, vorzugsweise von der Fluid-
temperatur sein, bspw. zum Kompensieren des Einflusses
der Fluidtemperatur.

25 Ferner sieht eine vorteilhafte Weiterbildung des er-
findungsgemäßen Verfahrens vor, daß die Beheizung bzw.
Kühlung der Sonde für den einzelnen Fühlvorgang mittels
eines vorbestimmten zeitlichen Verlaufs der ihrer Be-
30 heizung bzw. Kühlung dienenden Heizleistung bzw.
Kühlleistung (Kälteleistung) ihrer mindestens einen
Wärme- bzw. Kältequelle erfolgt, vorzugsweise mit
konstanter Heiz- oder Kühlleistung. Die Zufuhr bzw. der Entzug
von Wärme in die bzw. aus der Sonde während des einzelnen Fühlvor-
35 ganges kann mittels geeigneter Schalt-, Steuer- bzw. Regelmittel
in der jeweils vorgesehenen Dosierung bzw. mit der jeweils vorge-
sehenen Heiz- oder Kühlleistung erfolgen.

Best Available Copy

1

5 Die Beheizung bzw. Kühlung der Sonde kann für den einzelnen Fühlvorgang für eine vorbestimmte Zeitdauer durchgeführt werden. Es ist jedoch auch möglich, die Beheizung bzw. Kühlung der Sonde mit variabler Zeitdauer durchzuführen. So kann bspw. in vielen Fällen
10 zweckmäßig vorgesehen sein, daß bei der Durchführung eines Fühlvorganges der Strömungsgeschwindigkeit bzw. des Durchflusses die Sonde mit vorbestimmter Heizleistung bzw. Kühlleistung so lange beheizt bzw. gekühlt wird, bis
15 die Sondentemperatur um einen vorbestimmten Betrag geändert ist und daß dann die Kühlung bzw. Beheizung der Sonde bis zur Durchführung des nächsten Fühlvorganges abgeschaltet wird.

Die Auswertung des während des einzelnen Fühlvorganges durch die Beheizung bzw. Kühlung der Sonde auftretenden
20 Sondentemperaturverlaufes für die Ermittlung der Strömungsgeschwindigkeit bzw. des Durchflusses kann bei dem erfindungsgemäßen Verfahren auf irgend eine geeignete Weise erfolgen. Damit nach Beginn eines Fühlvorganges nach besonders kurzer Zeit schon auf die Strömungsgeschwindigkeit bzw. den Durchfluß des Fluids geschlossen werden
25 kann, kann man vorsehen, daß auf die Strömungsgeschwindigkeit bzw. den Durchfluß aus dem noch während der Beheizung bzw. Kühlung der Sonde oder gegen Ende der Beheizung bzw. Kühlung stattfindenden Sondentemperaturverlauf geschlossen wird. Die Genauigkeit des Fühlens
30 der Strömungsgeschwindigkeit bzw. des Durchflusses kann jedoch in vielen Fällen noch dadurch weiter erhöht werden,

35

Best Available Copy

1 indem man vorsieht, daß bei dem einzelnen Fühlvorgang
auf die Strömungsgeschwindigkeit bzw. den Durchfluß des
5 Fluids aus dem nach Beendigung der Beheizung bzw.
Kühlung der Sonde stattfindenden Sondentemperaturverlauf
oder sowohl aus dem während der Beheizung oder Kühlung
als auch dem anschließenden instationären Sondentemperatur-
verlauf geschlossen wird. Dies ist auch dann zweckmäßig,
10 wenn die Beheizung bzw. die Kühlung der Sonde nur sehr
kurzzeitig impulsartig erfolgt.

15 Aus dem Sondentemperaturverlauf kann auf unterschied-
liche Weise auf die Strömungsgeschwindigkeit bzw. den
Durchfluß des Fluids geschlossen werden, vorzugsweise
anhand eines Kennlinienfeldes des Sondentemperaturverlau-
fes, das als mindestens einen Parameter die Strömungs-
geschwindigkeit bzw. den Durchfluß hat und ggfs. noch
20 weitere Parameter aufweisen kann, wie die Fluid-
temperatur und dergl., soweit dies erforderlich oder zweck-
mäßig ist. Auch Einsatz einer einzigen Kennlinie ist oft
vorteilhaft.

25 Besonders zweckmäßig ist es, bei einem einzelnen Fühl-
vorgang nur aus wenigen Daten, vorzugsweise nur
aus ein oder zwei Daten des Sondentemperaturver-
laufes auf die Strömungsgeschwindigkeit bzw. den Durch-
fluß des Fluids zu schließen. Vorzugsweise können
dies bei zwei Daten eine Temperaturdifferenz und die
30 zu ihrem Durchlaufen benötigte Zeitdauer und bei einem
einzigsten Datum die max. Temperaturdifferenz des Sonden-
temperaturverlaufs während des jeweiligen Fühlvorganges
sein.

35
Best Available Copy

1

6

10

15

20

25

30

35

Dies kann auf unterschiedliche Weise erfolgen. Einige bevorzugte Ausführungsformen, die mit einer Temperaturdifferenzmessung und einer Zeitmessung auskommen, sind in den Ansprüchen 13, 14 und 16 beschrieben. Man kann sogar für einen einzelnen Fühlvorgang aus einer reinen Temperaturmessung ohne Zeitmessung, nämlich der während des betreffenden Fühlvorganges auftretenden maximalen Veränderung der Sondentemperatur auf die Strömungsgeschwindigkeit bzw. den Durchfluß des Fluids schließen und benötigt bei dieser Weiterbildung des Verfahrens also nicht einmal eine Zeitmessung.

Es gibt auch noch andere Weiterbildungen des erfindungsgemäßen Verfahrens, die aus dem Sondentemperaturverlauf während eines einzelnen Fühlvorganges auf die Strömungsgeschwindigkeit bzw. den Durchfluß schließen lassen und erwünschtenfalls auch zahlenmäßige Meßergebnisse liefern können. So kann gemäß einer Weiterbildung dieser Art vorgesehen sein, daß eine vorbestimmte Zeitdauer nach Beginn der Beheizung bzw. Kühlung der Sonde für den betreffenden Fühlvorgang der am Ende dieser Zeitdauer herrschende Temperaturgradient dT/dt , wo T die Sondentemperatur und t die Zeit ist, erfaßt und aus diesem Temperaturgradienten auf die Strömungsgeschwindigkeit bzw. den Durchfluß des Fluids geschlossen wird. Dabei kann man auch vorsehen, anstatt dem Differentialquotienten dT/dt einen Gradienten $\Delta T/\Delta t$ zu wählen, wo ΔT eine geringe Temperaturdifferenz des Sondentemperaturverlaufes und

Best Available Copy

1

At die zum Durchlaufen von ΔT verstrichene Zeitspanne
5 ist. Anstatt dieser ersten zeitlichen Ableitung
 dT/dt bzw. $\Delta T/\Delta t$ kann auch eine höhere zeitliche
Ableitung, vorzugsweise d^2T/dt^2 , in manchen Fällen
zur Identifizierung des momentanen zeitlichen Son-
dentemperaturverlaufes und damit von dessen Para-
10 meter v bzw. D vorgesehen werden.

Anstatt während eines Fühlvorganges nur einmal die
Strömungsgeschwindigkeit bzw. den Durchfluß zu er-
mitteln, kann auch die Maßnahme nach Anspruch 12
15 vorgesehen sein, welche die Genauigkeit des erfindungs-
gemäßen Verfahrens noch weiter zu erhöhen gestattet
durch Verringerung der Streuung und der Auswirkungen
von Meßfehlern.

20 Es sei noch erwähnt, daß das erfindungsgemäße Verfahren
sich besonders gut auch dazu eignet, daß es zum in
vorbestimmten Zeitabständen Ermitteln der Strömungs-
geschwindigkeit bzw. des Durchflusses eines Fluids
dient, dessen Strömungsgeschwindigkeit bzw. Durch-
25 fluß zu steuern oder zu regeln ist oder aus
sonstigen Gründen, vorzugsweise für Wärmemengen-
zählung zu ermitteln ist.

Es sei noch erläutert, daß unter dem Ausdruck "Kälte-
30 quelle" verstanden ist, daß sie durch mindestens ein
diese Kältequelle bildendes Element oder dergl.,
z. B. ein Peltierelement, gebildet ist, das der Sonde
Wärme entziehen kann.

35

Best Available Copy

1

6 In der Zeichnung sind Ausführungsbeispiele der Erfindung dargestellt. Es zeigen:

- Fig. 1 eine Einrichtung
zum Fühlen der Strömungsgeschwindigkeit bzw.
des Durchflusses eines in einem Rohr strö-
menden Fluids gemäß einem Ausführungsbei-
spiel der Erfindung,
- 10
- Fig. 2 die Sonde der Einrichtung nach Fig. 1 in An-
sicht des Pfeiles A der Fig. 1 in vergröß-
ter Darstellung,
- 15
- Fig. 3 eine Sonde in geschnittener Darstellung gemäß
einem weiteren Ausführungsbeispiel der Er-
findung,
- 20
- Fig. 4 je ein Diagramm zur Erläuterung möglicher
bis 7 Arbeitsweisen der Einrichtung nach Fig. 1,
- Fig. 8 ein Ausführungsbeispiel eines Wärmemengen-
zählers, der unter Einsatz einer Einrichtung
zur Durchflußmessung gemäß einem Ausführungs-
beispiel der Erfindung arbeitet,
- 25
- Fig. 9 Sondenanordnungen gemäß weiteren Ausführungs-
und 10 beispielen der Erfindung,
- 30
- Fig. 11,12 je eine Sonde gemäß weiteren Ausführungsbeispi-
len der Erfindung in geschnittener Darstellung,
- Fig. 13 eine Vorrichtung zum Beheizen der Sonde und
Fühlen der Sondentemperatur gemäß einem wei-
teren Ausführungsbeispiel der Erfindung,
- 35
- Fig. 14 ein weiteres Diagramm einer möglichen Arbeits-
weise der Einrichtung nach Fig. 1,

Best Available Copy

- 1 Fig. 15, je eine Sonde gemäß weiteren Ausführungsbeispielen
16 und 17 der Erfindung in geschnittenen Seitenansichten,
- Fig. 18 je einen Schnitt durch die Sonde nach Fig. 16 bzw. 17
und 19 gesehen entlang der Schnittlinie 18-18, bzw. 19-19.
- 5

10 Die in Fig. 1 und 2 dargestellte Einrichtung 11 zum
Fühlen der Strömungsgeschwindigkeit bzw. des Durchflusses
eines in einem Rohr 10 strömenden Fluids bei dem es
sich vorzugsweise um Flüssigkeit, aber ggfs. auch um Gas
oder Dampf handeln kann, weist eine Sonde 15 auf, die an
einer schmalen, stromlinienförmigen, ggf. wärmeisolierenden
15 Strebe 14 fest angeordnet ist, die an der Wandung des Rohres 10 fest
angeordnet ist. Die Sonde 15 weist einen einstückigen, mas-
siven, ungefähr kreiszylindrischen Körper 13 aus einem
Werkstoff mit vorzugsweise niedriger Wärmeleitzahl, wie
Wärme schwach leitenden Kunststoff, Keramik oder dergl.,
20 auf, in den eine Wärmequelle 16 und ein Temperaturfüh-
ler 17 im Abstand von bspw. einigen Millimetern vonein-
ander eingebettet sind. Diese Sonde 15 kann sehr klein
sein, bspw. einen Durchmesser von 0,5 bis 2 cm haben, je-
doch auch noch kleiner oder noch größer sein. In vielen
25 Fällen kann sie vorteilhaft auch stromlinienförmig ge-
staltet sein oder auch sonstige andere Gestalt aufweisen.
Die tragende Strebe 14 hat geringen Strömungswiderstand.
Auch der Strömungswiderstand der Sonde 15 ist schon we-
gen ihrer Kleinheit nur gering. Ihre Länge kann bspw.
30 0,5 bis 3 cm oder auch mehr oder noch weniger betragen.
Die Wärmequelle 16, die also eine Energiequelle für
Wärme ist, kann vorzugsweise ein körperlich sehr klei-
ner elektrischer Heizwiderstand oder eine andere elektrisch
beheizbare Wärmequelle sein, die genau definierbar Wärme
35 abgeben kann. Ihre elektrische Leistung braucht nur gering
zu sein und kann vorzugsweise ein oder mehrere Watt oder
auch weniger oder mehr betragen. Der Temperaturfühler 17
kann vorzugsweise ein temperaturabhängiger, elektrischer

- 1 Widerstand, vorzugsweise ein NTC- oder PTC-Element, eine aktive integrierte temperaturempfindliche Halbleiterschaltung oder dergl., von vorzugsweise ebenfalls sehr kleiner räumlicher Gestalt sein. Diese Wärmequelle 16 leitet die gesamte, von ihr erzeugte Wärme
- 5 in die Sonde 15 ein.
- Die Wärmequelle 16 dient dazu, eine der Sonde 15 zur Durchführung eines jeweiligen Fühlvorganges der Strömungsgeschwindigkeit bzw. des Durchflusses in vorbestimmter Dosierung und/oder mit vorbestimmter Heizleistung Wärme
- 10 zuzuführen. Falls erwünscht, kann die Sonde auch mehr als eine Wärmequelle aufweisen.

- Anstatt der Wärmequelle 16, die also in eingeschaltetem Zustand Temperaturen erzeugt, die über der Temperatur
- 15 des im Rohr 10 in Pfeilrichtung strömenden Fluids liegen, kann in vielen Fällen vorteilhaft auch mindestens eine Kältequelle, d.h. mindestens eine "Wärmesenke", innerhalb der Sonde 15 angeordnet sein und ihr bei dem einzelnen Fühlvorgang in vorbestimmter Dosierung und/oder mit vor-
- 20 bestimmbarer Kühleistung Wärme entziehen, also in ihr Kälte erzeugen. Bei der weiteren Beschreibung wird die Komponente 16 als Wärmequelle angenommen, obwohl, wie dargelegt, die Erfindung hierauf nicht beschränkt ist.

- 25 Die Wärmequelle 16 ist über einen Ein- und Aus-Schalter 20 an eine Spannungsquelle 23 konstanter Spannung, hier an eine Gleichstromquelle angeschlossen, die also durch Schließen des Schalters 20 die Wärmequelle 16 mit Strom konstanter Spannung speist, so daß die Heiz- oder Wärme-
- 30 leistung dieser Wärmequelle 16 bei geschlossenem Schalter 20 konstant ist, wobei angenommen ist, daß der elektrische Widerstand der Quelle 16 temperaturunabhängig ist. In manchen Fällen kann auch vorgesehen sein, die Wärmeleistung der Wärmequelle bzw. ihren Energieverbrauch zeitlich in
- 35 vorbestimmter Weise zu ändern, bspw. gemäß einem Zeitprogramm stetig zu erhöhen und/oder zu er-

1

5

10

15

20

25

30

35

niedrigen, um die instationären Sondentemperaturverläufen entsprechenden Temperaturkurven (30-32), wie sie in den Diagrammen nach den Fig. 4 und 5 an einem Ausführungsbeispiel dargestellt sind, in irgend einer gewünschten Weise zu beeinflussen, bspw. im Anstieg zu linearisieren oder als Stromquelle eine Wechselstromquelle vorzusehen. Oder es kann oft zweckmäßig auch vorgesehen sein, die Wärmequelle 16 für jeden einzelnen Fühlvorgang der Strömungsgeschwindigkeit bzw. des Durchflusses des Fluids impulsartig mit einer vorbestimmten elektrischen Energiemenge zu speisen zur impulsartigen Abgabe einer entsprechenden Wärmemenge in die Sonde 15, was bspw. durch rasches Entladen eines vorher auf eine vorbestimmte konstante Spannung aufgeladenen Kondensators erfolgen kann.

Anstelle der Spannungsquelle 23 konstanter Spannung kann oft mit Vorteil auch eine Stromquelle vorgesehen sein, die auf Lieferung konstanter elektrischer Leistung gesteuert oder geregelt wird, um eine eventuelle Temperaturabhängigkeit des elektrischen Widerstandes der Wärmequelle 16 zu kompensieren, oder die Wärmequelle 16 weist eine Steuerung oder Regelung für ihre Heizleistung auf. Die vom Temperaturfühler 17 gefühlte Eigentemperatur der Sonde sei mit T_a und die von einem Temperaturfühler 24 gefühlte Fluidtemperatur mit T_f bezeichnet. Die auf die momentane Fluidtemperatur bezogene Sondentemperatur T_s ist dann $T_s = T_a - T_f$. Die Sonde 15 erzeugt, wenn der Schalter 20 geschlossen wird,

Best Available Copy

1

zusammen mit dem Temperaturfühler 24 die Sondentemperatur-
verläufe T_s , deren Parameter die Strömungs-
geschwindigkeit v bzw. der Durchfluß D des Fluids im
bzw. durch das Rohr 10 hindurch ist, d.h., daß jedem
solchen Sondentemperaturverlauf ein bestimmter, konstanter
Wert für v bzw. D zugeordnet ist.

10

In den Diagrammen nach Fig. 4, 5 und 7 sind Kennlinien-
felder $T_s = f(t_x)$ mit dem Parameter v bzw. D dargestellt,
wobei in jedem Diagramm jeweils drei unterschiedliche,
instationäre Sondentemperaturverläufe als Kurven 30, 31,
32 bzw. 30', 31', 32' eingezeichnet sind, deren Parameter
 v bzw. D beispielsweise im Verhältnis von 1 : 2 : 3

15

zueinander stehen. Diese Kurven wurden an einem Versuchs-
modell experimentell aufgenommen. Die Kurve 30 ist die
des kleinsten konstanten Wertes für v bzw. D und die
Kurve 32 entsprechend die des höchsten konstanten Wertes
für v bzw. D . Es können natürlich noch wesentlich mehr
solche instationäre Sondentemperaturverläufe mit anderen
pro Kurve konstanten Werten für die Parameter v bzw. D
aufgenommen werden, bspw. auch für noch höhere und noch
kleinere Werte von v bzw. D , und man kann zwischen be-
nachbarten Kurven noch interpolieren, so daß man aus

20

25

30

35

jedem solchen Kennlinienfeld für eine bestimmte Einrich-
tung zum diskontinuierlichen Fühlen von v bzw. D für
jedes während eines einzelnen solchen Fühlvorganges
ermittelte Wertepaar T_s, t_x aus der instationären Sonden-
temperaturverlaufskurve, auf der dieses Wertepaar als
Punkt liegt, die bei diesem Fühlvorgang vorliegende
momentane Strömungsgeschwindigkeit v bzw. den momentanen
Durchfluß D ansehen kann, gleichgültig an welcher Stelle
dieser Kurve das betreffende Wertepaar liegt.

- 1 Dabei ist die momentane Sondentemperatur T_s auf die momentane, vom Fühler 24 gefühlte Fluidtemperatur T_f bezogen, indem die Differenz $T_s - T_f$ in einem Glied 41 ununterbrochen gebildet wird.
- 5 Bspw. liegt bei dem Diagramm nach Fig. 4 das Wertepaar T_{21}, t_b auf der Kurve 30, so daß dann bei diesem Fühlvorgang, der dieses Wertepaar erbrachte, der momentane Wert v bzw. D des Fluids der Größe dieses Parameters v bzw. D der Kurve 30 entspricht.
- 10 Gegebenenfalls können die Sondentemperaturverläufe noch mindestens einen weiteren Parameter berücksichtigen und das entsprechende Kennlinienfeld entsprechend Kennlinienscharen mit mehreren Parametern aufweisen. Bspw. kann
- 15 ein weiterer Parameter die Art des Fluids (wenn unterschiedliche Fluida oder Fluida unterschiedlichen Drucks oder dergl. das Rohr 10 durchströmen) oder die von dem Temperaturfühler 24 stromaufwärts der Sonde 15 gefühlte Temperatur des Fluids sein, falls die Temperatur des
- 20 Fluids als Parameter mit zu berücksichtigen ist.
- 25 Die Einrichtung nach Fig. 1 ist ohne weiteres geeignet für Fluida deren Temperatur T_f sich während des nur jeweils kurzen Fühlvorganges nicht oder nicht störend ändert. Oder es kann bspw. bei Wärmemengenmessungen vorgesehen sein, Fühlvorgänge abubrechen oder ihre Auswertung zu
- 30 negieren, bei denen sich die Fluidtemperatur störend ändert bzw. geändert hat. Oder man kann die Änderung der Fluidtemperatur in ihrer Auswirkung auf v bzw. D bei der Auswertung kompensieren oder rechnerisch berücksichtigen usw. Auch andere Möglichkeiten bestehen.
- 35

1

5 Anstatt eines solchen Wertepaares T_s , t_x können auch
mehrere oder beliebig viele solcher Wertepaare des
während jeweils eines Fühlvorganges stattfindenden
Sondentemperaturverlaufes für die Ermittlung des
ihm zugeordneten Wertes von v bzw. D ausgewertet
10 werden. Es kann oft auch zweckmäßig vorgesehen sein,
daß jeweils mindestens ein Bereich, d.h. mindestens
ein Abschnitt oder der gesamte Bereich des für
den betreffenden Fühlvorgang durch Beheizung bzw.
Kühlung der Sonde bewirkten Sondentemperaturverlaufes
15 auf v bzw. D ausgewertet wird. Es besteht u.a. auch
die Möglichkeit, den gesamten, für einen Fühlvorgang
durch Beheizung oder Kühlung der Sonde bewirkten
Sondentemperaturverlauf durch eine Vielzahl seiner
Stellen digital abzuspeichern und danach oder später
20 auf die ihm zugrundeliegenden Werte von v bzw. D
auszuwerten, also bspw. den Sondentemperaturverlauf
beginnend mit t_e bis zum Wiedereintritt von $T_s \approx 0$
reichend auszuwerten.

25

30

35

Best Available Copy

1

Der Schalter 20 wird durch eine Zeitschaltvorrichtung 21 geöffnet und geschlossen. Es kann bspw. in konstanten Zeitabständen oder in durch einen Zufallsgenerator bestimmten variablen Zeitabständen geschlossen und dann jeweils nach einer vorbestimmten Zeitdauer wieder geöffnet werden. Im Falle des Einsatzes einer solchen Einrichtung bei Wärmemengenzählungen kann ein solcher Zufallsgenerator evtl. Manipulationen der Wärmemengenzählung sicher verhindern.

Der Zeitpunkt des Schließens des Schalters 20 ist in den Diagrammen nach den Fig. 4 bis 7 jeweils mit t_e bezeichnet. t_e kann für den einzelnen Fühlvorgang zu Null angesetzt werden.

Die Zeitdauer zwischen zwei Fühlvorgängen kann dabei im allgemeinen zweckmäßig zumindest so groß getroffen werden, daß beim jedesmaligen Schließen des Schalters 20 die Sonde 15 die Temperatur des Fluids durchgehend einschließlich ihres Temperaturfühlers 17 und ihrer Wärmequelle 16 angenommen hat. Es ist jedoch auch möglich, die Messung von einem anderen Temperaturniveau der Sonde 15 aus vorzunehmen und die Temperaturdifferenz zur Fluidtemperatur evtl. auch als Parameter der Sondentemperaturverläufe des betreffenden Kennlinienfeldes mit einzuführen. Da jedoch die Wärmekapazität der Sonde 15 sehr klein gehalten werden kann, kann sie entsprechend rasch nach jedem einzelnen Fühlvorgang des Durchflusses bzw. der Strömungsgeschwindigkeit des Fluids sich wieder auf die Fluidtemperatur abkühlen, und es ist deshalb im allgemeinen ausreichend und zweckmäßig, den Schalter 20 zur Durchführung eines Fühlvorganges mittels der Zeitschaltvorrichtung 21 immer erst dann einzuschalten, wenn die Temperatur der Sonde 15 der vom Temperaturfühler 24 gefühlten Fluidtemperatur entspricht.

Die Zeitschaltvorrichtung 21 kann vorzugsweise so ausgebildet sein, daß sie den Schalter 20 jeweils für eine vorbestimmte, konstante, ggfs. einstellbare Zeitdauer schließt. Diese Zeitdauer kann bei geringer Baugröße der Sonde 15

Best Available Copy

1

klein sein, vorzugsweise weniger als eine Minute, vorzugsweise in der Größenordnung von Sekunden oder oft sogar unter einer Sekunde liegen.

5

Bei Einsatz der Einrichtung nach der Fig. 1 für Wärmemengenzählungen bei Heizungsanlagen kann der zeitliche Abstand aufeinanderfolgender Fühlvorgänge bspw. 10 bis 30 Minuten betragen oder auch noch länger oder kürzer sein. Die Zeitabstände können aber brauchen nicht konstant zu sein. Bspw. können sie auch vom Auftreten von Änderungen der Strömungsgeschwindigkeit bzw. des Durchflusses abhängig gemacht werden, wodurch noch weitere erhebliche Verringerung der Wärme- oder Kühlungsenergie erreicht werden kann, die zum Betrieb der Wärme- bzw. Kältequelle 16 der Sonde 15 erforderlich ist.

15

Im Gefolge jedes Schließens des Schalters 20 erzeugt die Zeitschaltvorrichtung zum Zeitpunkt t_a , also nach der vorbestimmten Zeitdauer $t_a - t_e$ (Fig. 4, 5) ein den Schalter 20 wieder öffnendes Schaltsignal. Im weiteren wird das Diagramm nach Fig. 4 noch näher erläutert. Die Zeitschaltvorrichtung 21 erzeugt für einen Fühlvorgang nach einer vorbestimmten, ab dem Zeitpunkt t_e abgemessenen Zeitdauer, bspw. zum Zeitpunkt t_b , ein Ausgangssignal, das über die Leitung 40 einem Temperaturdifferenzglied 41 aufgedrückt wird, und bei Auftreten dieses Ausgangssignales wird dann die in diesem Temperaturdifferenzglied 41 momentan ermittelte Temperaturdifferenz zwischen der vom Fühler 17 gefühlten Temperatur T_a und der vom Fühler 24 gefühlten Fluidtemperatur T_f , also die Differenz $T_s = T_a - T_f$, in einen Speicher 41' eingelesen und hier bis auf weiteres gespeichert. Dabei wird vorausgesetzt, daß die Zeitdauer $t_b - t_e$ so kurz ist, daß sich die Fluidtemperatur nicht oder nur so wenig geändert hat, daß der hierdurch mögliche Meßfehler in Kauf genommen werden kann. Falls nicht, könnte bspw. der betref-

25

30

35

1 fende Fühlvorgang für ungültig erklärt und wiederholt werden. Bei
Wärmemengenzählern können sich solche Messfehler infolge der vielen
Messungen auch gegeneinander aufheben. Die im Speicher 41' nunmehr ge-
speicherte Temperaturdifferenz wird sofort anschließend, eben-
5 falls gesteuert von der Zeitschaltvorrichtung 21, in
einen Rechner 42 eingegeben. Ferner ist ein Speicher 43
für das Kennlinienfeld, bspw. gemäß Fig. 4, vorhanden,
und der Rechner 42 berechnet dann im Gefolge jeder Ein-
gabe einer Temperaturdifferenz $T_a - T_f$ mit Hilfe der
10 Speicherdaten des Speichers 43 die momentane Strömungs-
geschwindigkeit v bzw. den Durchfluß D des Fluids und
liest diesen berechneten Wert in einen Speicher 43' ein,
wo er für weitere Verwertung gespeichert oder durch ein
mit dem Speicher verbundenes Anzeigegerät 44 angezeigt
15 werden kann. Der Durchfluß kann bspw. als Massenstrom
oder Volumenstrom des Fluids zahlenmäßig angezeigt
werden. Desgleichen kann die Strömungsgeschwindigkeit
zahlenmäßig angezeigt werden. Oder der Speicher 43' kann an ein
die gespeicherte Strömungsgeschwindigkeit bzw. den ge-
20 speicherten Durchfluß weiterverarbeitendes Gerät ange-
schlossen sein, bspw. an das in Fig. 8 dargestellte Multi-
plikationsglied 45 eines Wärmemengenzählers. Sobald der ge-
speicherte Wert nicht mehr benötigt wird, kann er gelöscht
Wie man aus dem Diagramm nach Fig. 4 gut ersehen kann, werden.
25 sind die Abstände zwischen den dargestellten Kurven 30, 31,
32 an ihren Maxima am größten. Die Maxima fallen ungefähr
mit dem Öffnungszeitpunkt t_a des Schalters 20 zusammen.
Deshalb beginnen die Kurven etwa ab dem Zeitpunkt t_a wie-
der abzufallen, nachdem sie vorher, beginnend mit dem Zeit-
30 punkt t_e und bei dem der Fluidtemperatur T_f entsprechen-
den Wert für T_a mit Schließen des Schalters 20 durch
Einschalten der Wärmequelle 16 mit konstanter Heizleistung
in Abhängigkeit von v bzw. D unterschiedlich rasch
anstiegen, da die Sonde 15 vom Fluid umso stärker ge-
35 kühlt wird, je höher die Werte v und D des Fluids sind.
Man kann also die der Sondentemperatur T_s entsprechende

1

5 Temperaturdifferenz $T_a - T_f$, die bei jedem Fühlvorgang eine vorbestimmte Zeitdauer nach dem Schließen des Schalters 20 vorliegt und im Speicher 41' bis zu ihrem Auslesen in den Rechner 42 gespeichert wird, zweckmäßig stets zum Zeitpunkt t_a ermitteln, also nach
10 einer Zeitdauer $t_a - t_e$ nach Schließen des Schalters 20. Oder man kann, falls erwünscht, auch einen anderen Zeitpunkt zur Ermittlung der jeweiligen Temperaturdifferenz $T_a - T_f$ wählen, bspw. den in Fig. 4 eingezeichneten Zeitpunkt t_b , der noch zeitlich vor den Maxima der Kurven
15 30-32 liegt, oder auch zu einem erst zeitlich nach Wiederöffnen des Schalters 20 liegenden Zeitpunkt, bspw. zum Zeitpunkt t_c , der also auf den absteigenden Ästen der Kurven 30-32 liegt. Die Zeitpunkte t_c , t_a , t_b ergeben also jeweils vom Zeitpunkt $t_e = 0$ aus gerechnete Zeit-
20 spannen.

2 Zum Zeitpunkt t_a weisen die drei Kurven 30-32 die Sondentemperaturen T_{11} , T_{12} bzw. T_{13} auf. Wenn also z.B. zum Zeitpunkt t_a der Fühler 17 die Sondentemperatur T_{12}
25 fühlt, dann ermittelt der Rechner aus diesem Kennlinienfeld, daß v bzw. D den betreffenden Wert des Parameters v bzw. D der Kurve 31 hat. Wenn man für die Ermittlung der im Glied 41' kurzzeitig zu speichernden Temperaturdifferenz den Zeitpunkt t_b zugrunde legt, dann ergeben die
30 zu diesem Zeitpunkt gemessenen Sondentemperaturen T_{21} bzw. T_{22} bzw. T_{23} als v bzw. D die betreffenden Parameter der Kurven 30-32 ebenfalls. Wenn bspw. angenommen wird, daß der Parameter v für die Kurve 30 gleich
35 1 m/sec, für die Kurve 31 gleich 2 m/sec und für die Kurve 32 gleich 3 m/sec beträgt, dann beträgt zum Zeitpunkt t_b bei der gemessenen Temperatur T_{21} die Strömungsgeschwindigkeit 1 m/sec, bei T_{22} gleich 2 m/sec und bei T_{23} gleich 3 m/sec. Dieselben Werte für v und D

Best Available Copy

1 ergeben sich aus diesen Kurven 30 - 32 auch zum Zeitpunkt
2 t_c , wenn bei ihm die gefühlten Sondentemperaturen T_{31} bzw.
3 T_{32} bzw. T_{33} betragen. Man kann natürlich auch andere ge-
4 eignete Zeitpunkte t_x für das Messen der Sondentemperaturen
5 zwecks Eingabe in das Temperaturdifferenzglied 41 vorsehen.
6 Desgleichen kann man bei dieser Auswertung des jeweiligen
7 Sondentemperaturverlaufes vorsehen, die Temperaturfühler 17,24
8 immer nur zum betreffenden Zeitpunkt, wie z.B. t_a , für kurze
9 Zeit zur Durchführung der Temperaturmessung einzuschalten.
10 Die Kurven 30-32 des Diagramms nach Fig. 4 sind auch
11 in dem Diagramm nach Fig. 5 eingezeichnet und dieses
12 Diagramm zeigt eine andere Auswertemöglichkeit dieser
13 Sondentemperaturverläufe 30-32 und der sonstigen,
14 nicht eingezeichneten Sondentemperaturverläufe. Der
15 Nullpunkt des Koordinatensystems nach Fig. 5 ist, wie
16 im Falle der Fig. 4, wieder durch die Fluidtemperatur
17 T_f und den Einschaltzeitpunkt t_e des Schalters 20
18 bestimmt. t_e kann dabei jeweils zweckmäßig als 0 ange-
19 setzt werden. Und zwar ist in diesem Diagramm nach Fig. 5
20 vorgesehen, daß beim Erreichen der Sondentemperatur T_1
21 entweder vor dem Zeitpunkt t_a oder nach dem Zeitpunkt t_a
22 die jeweils seit dem Zeitpunkt t_e verstrichene Zeit-
23 dauer gemessen wird. Beträgt diese Zeitdauer t_1 bzw. t_4 ,
24 dann liegt als Strömungsgeschwindigkeit v bzw. Durchfluß D
25 des Fluids der betreffende Parameter v bzw. D der Kurve 30 vor.
26 Für die Zeitpunkte t_2 und t_5 entspricht v bzw. D dem
27 betreffenden Parameter der Kurve 31 und für die Zeit-
28 punkte t_3 bzw. t_6 für v und D die Parameter der Kurve 32.
29 In obigem Zahlenbeispiel wäre v also wieder 1 m/sec für t_1
30 und t_4 ; 2 m/sec für t_2 und t_5 und 3 m/sec für t_3 und t_6 .

31 Für die Zeitmessung kann direkte Messung der Zeit oder
32 die Messung einer von ihr abhängigen Größe vorgesehen werden.
33

Best Available Copy

1 Man kann dabei auch vorsehen, wenn die Zeitmessung vor
2 t_a liegt, den Schalter 20 bereits wieder zu öffnen, so-
3 bald die betreffende Temperatur T_1 erreicht ist, so daß
4 dann die strichpunktiert angedeuteten, absteigenden
5 Sondentemperaturäste entstehen, und man könnte dann
6 auch vorsehen, bei einer vorbestimmten niedrigeren
7 Sondentemperatur, bspw. der eingezeichneten Temperatur
8 T_2 , die bis zum Erreichen dieser Sondentemperatur T_2
9 seit t_e verstrichene Zeitdauer zu messen und aus dieser
10 Zeitdauer auf die momentane Strömungsgeschwindigkeit
11 bzw. den momentanen Durchfluß D zu schließen als
12 Parameter der betreffenden Kurven.

13 Man erkennt ferner aus den Diagrammen nach den Fig. 4
14 und 5, daß die Temperaturgradienten der Kurven 30-32
15 innerhalb eines großen Zeitbereiches für einen vorbe-
16 stimmten Zeitpunkt nach t_e , z.B. t_d oder für eine vorbe-
17 stimmte Sondentemperatur unterschiedlich groß sind, so
18 daß man also auch aus diesen Temperaturgradienten
19 dT_s/dt_x bzw. $\Delta T_s/\Delta t_x$ (ein solches $\Delta T_s/\Delta t_x$ ist für die
20 Kurve 30 an einer Stelle in Fig. 4 eingezeichnet) den
21 jeweiligen Sondentemperaturverlauf erkennt und damit
22 den momentanen Wert v bzw. D des Fluids. Wenn man mit
23 einer einzigen vorbestimmten Sondentemperatur, bspw.
24 der Sondentemperatur T_1 nach dem Diagramm nach Fig. 5
25 arbeiten will, dann kann man für die Ermittlung von v
26 bzw. D eine einzige Kennlinie 33 vorsehen, wie es das
27 Diagramm nach Fig. 6 zeigt. In diesem Diagramm ist die
28 Abszisse weiterhin t_x , jedoch die Ordinate v bzw. D und
29 die dargestellte Kurve 33 ergibt den Zusammenhang zwischen
30 t_x und v bzw. D , wie man ohne weiteres ersieht, wobei
31 die Zeitpunkte t_1 , t_2 und t_3 des Diagramms nach Fig. 5
32 eingezeichnet sind. Man braucht dann im Speicher 43
33 (Fig. 1) nur diese Kennlinie 33 zu speichern.

35

Best Available Copy

1
5 Das Diagramm nach Fig. 7 unterscheidet sich von denen nach den Fig. 4 und 5 dadurch, daß die dargestellten Sondentemperaturverläufe 30', 31' und 32' nicht durch Beheizen der Sonde mit relativ geringer Heizleistung bis ungefähr zu den Maxima der dargestellten Kurven erfolgte, sondern daß die Wärmequelle 16 in die Sonde
10 nur einen sehr kurzzeitigen Wärmestoß einer vorbestimmten Wärmemenge schickte. Bspw. kann dies mit konstanter Heizleistung erfolgt sein, wobei zum Zeitpunkt t_e der Schalter 20 geschlossen und schon wieder zum
15 sehr frühen Zeitpunkt t_a bspw. nach einer Sekunde wieder geöffnet wurde. Die zugeführte Heizleistung ist dabei hoch. Jedoch wirkt sie sich an dem Fühler 17 erst zeitlich verzögert aus. Diese Heizleistung geht ebenfalls als Wärme z.T. in das Fluid und z.T. zum Fühler 17,
20 wobei wiederum die Kurven 30'-32' um so rascher ansteigen, je niedriger die Strömungsgeschwindigkeit bzw. die Durchflußmenge wegen der dann schlechteren Kühlung der Sonde 15 durch das Fluid ist. In diesem Ausführungsbeispiel nach Fig. 7 liegt bei den Maxima T_4 , T_5 und T_6 starke
25 Temperatursteigerung vor und diese Maxima brauchen nicht genau zum gleichen Zeitpunkt aufzutreten. Jedoch ist das jeweilige Maximum abhängig von v bzw. D , so daß bei dem Diagramm nach Fig. 7 es genügt, nur die Temperaturmaxima der Kurven 30'-32' und evtl. weiterer,
30 nicht dargestellter derartiger Kurven zu ermitteln, und aus dem jeweiligen Maximalwert kann dann auf die momentane Strömungsgeschwindigkeit v bzw. den momentanen Durchfluß D ebenfalls mit guter Genauigkeit geschlossen werden. Bspw. kann wieder T_4 einer Strömungsgeschwindigkeit des
35 Fluids von 1m/sec, T_5 von 2m/sec und T_6 von 3m/sec entsprechen.

1

5 Erfindungsgemäße Fühleinrichtungen können vielfältige Anwendungen haben. Ein bevorzugtes Anwendungsgebiet sind Wärmemengenzähler. Ein Ausführungsbeispiel eines Wärmemengenzählers ist in Fig. 8 dargestellt.

10 Es ist eine Heizungsanlage eines Gebäudes vorhanden, von der nur die Vorlaufleitung 50 und die Rücklaufleitung 51 und ein vom Heizungswasser durchströmter Wärmetauscher 52 dargestellt sind. Die Vorlauftemperatur des Heizungswassers wird mittels eines Temperaturfühlers 24, der dem Temperaturfühler 24 nach Fig. 1
15 entsprechen kann, gefühlt. Die Rücklauftemperatur des Heizungswassers wird mittels eines anderen Fühlers 53 gefühlt und die Differenz zwischen Vorlauftemperatur und Rücklauftemperatur in einem Differenzglied 54 gebildet. Der Durchfluß, und zwar hier der Massenstrom
20 des Heizungswassers, wird mittels einer Einrichtung nach Fig. 1 gemessen, von der die Sonde 15 angedeutet ist. Der Block 55 umfaßt die Komponenten 20, 21, 23, 41, 41', 42, 43, 43' der Fig. 1. Der Ausgang des Speichers 43' bildet den Ausgang dieses Blockes 55 und wird in ein
25 Multiplikationsglied 45 eingegeben, das die im Differenzglied 54 gebildete Temperaturdifferenz zwischen der Vorlauftemperatur und der Rücklauftemperatur mit dem vom Speicher 43' ausgegebenen momentanen Durchfluß multipliziert. Der Multiplikationswert entspricht der momen-
30 tanen Wärmeabgabe der Heizungsanlage in Fig. 8, und es wird dann angenommen, daß der Durchfluß D bis zu seiner nächsten Messung für die Durchführung der Multiplikation im Glied 45 konstant bleibt. Es

35

Best Available Copy

1

5

10

wird dann in vorbestimmten konstanten Zeitabständen oder durch einen Zufallsgenerator oder auf sonstige Weise gesteuerten Zeitabständen jeweils der Durchfluß D mittels der Einrichtung 15, 55 neu gemessen, berechnet und gespeichert und in das Multiplikationsglied 45 eingegeben. Der Ausgang des Multiplikationsgliedes 45 wird in einen Integrator 56 eingegeben, der ihn zeitlich integriert.

15

Die hierdurch im Integrator 56 gezählte Wärmemenge wird mittels eines Zählwerks 57 angezeigt, wo sie also abgelesen werden kann.

20

25

In den Fig. 9 und 10 sind noch zwei andere Anordnungen einer Sonde 15 gemäß weiteren Ausführungsbeispielen der Erfindung dargestellt. In Fig. 9 ist die Sonde 15 in die Wandung eines das betreffende Fluid leitenden Rohres 10 eingesetzt und allseitig, mit Ausnahme ihrer vom Fluid bespülten Längsseite 58, durch eine Wärmeisolation 57' gut wärmeisoliert, so daß die in sie durch die in ihrem Inneren befindliche Wärmequelle einleitbare Wärme jeweils praktisch vollständig in das Fluid abfließt.

30

Im Ausführungsbeispiel nach Fig. 10 befindet sich der die Wärmequelle 16 und den Temperaturfühler 17 enthaltende Körper 13' aus Kunststoff geringer Wärmeleitfähigkeit der Sonde 15 in einer Wärmeisolation 57' im Abstand von dem im Rohr 10 strömenden Fluid außerhalb des Rohres 10. Der Körper 13' ist jedoch mit dem Fluid durch eine metallische Wärmeleitbrücke 59 der

35

Best Available Copy

1

6 Sonde 15 verbunden, deren freies Stirnende 60 vom
Fluid bespült wird. Im übrigen ist diese in gutem
wärmeleitendem Kontakt mit dem Körper 13' stehende
Brücke 59 ebenfalls durch die Wärmeisolation 57' umfangs-
seitig wärmeisoliert, so daß auch hier die gesamte oder
10 nahezu gesamte in die Sonde durch ihre Wärmequelle ein-
leitbare Wärme in das Fluid abfließen kann.

10

In Fig. 3 ist eine andere Ausführungsform einer Sonde 15
gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung darge-
stellt. Sie besteht aus zwei an einer Strebe 14 be-
festigten Halbkugeln 37 aus Kunststoff oder dergl. re-
15 lativ geringer Wärmeleitzahl, die durch ein als metal-
lischer Wärmeleiter 39 dienendes dünnes Metallplätt-
chen aus gut wärmeleitendem Metall, vorzugsweise aus
Kupfer, miteinander verbunden sind. Dieses Plättchen
39 kann zweckmäßig etwas über die Halbkugeln 37 hinaus-
20 in das Fluid vorstehen. In der einen Halbkugel 37
ist die Wärmequelle 16 und in der anderen Halbkugel 37
der für das Fühlen des Sondentemperaturverlaufes erforderliche
Sondentemperaturfühler 17 eingebettet. Falls die Ge-
fahr besteht, daß sich an dieser Sonde Schmutz ab-
25 setzt, der den Wärmeübergang zwischen ihr und dem Fluid
verändern könnte, kann diese Sonde 15 mit einer
dünnen schmutzabweisenden Schicht überzogen sein.

Dies gilt auch
für die Sonde nach Fig. 1. Das Plättchen 39, von dem
30 die Wärmequelle 16 und der Fühler 17 nur geringe Ab-
stände haben, bewirkt besonders starke Abhängigkeit
der Sondentemperaturverläufe von v bzw. D .

Best Available Copy

1

5 Um die pro Fühlvorgang aufzuwendende Heizenergie noch
weiter zu verringern und ggfs. die Temperaturspreizung
der Sondentemperaturverläufe noch weiter zu vergrößern,
kann auch vorgesehen sein, die beiden Halbkugeln 37
10 durch äußere Wärmeisolierungen wärmezuisolieren, nicht
jedoch den in das Fluid überstehenden Bereich des
metallischen Wärmeleiters 39, so daß die bei einem
einzelnen Fühlvorgang von der Wärmequelle 16 in das
Fluid strömende Wärme im wesentlichen oder aus-
schließlich nur durch den metallischen Wärmeleiter 39
15 hindurch in das Fluid gelangen kann. Ein kleiner Teil
der Wärme kann ggfs. auch durch die elektrischen Lei-
tungsdrähte nach außen abfließen, die dem elektri-
schen Anschluß der Wärmequelle 16 und des Temperatur-
fühlers 17 dienen, was jedoch, falls erwünscht, auch ganz oder im
20 wesentlichen verhindert werden kann, bspw. durch sehr dünne Leitungs-
drahtstücke, durch ihr Verlegen durch das Fluid hindurch od. dergl.,
was die Meßgenauigkeit erhöht.
Anstatt die Teile 37 der Sonde nach Fig. 3 halbkugelförmig zu ge-
stalten, können auch andere Gestaltungen vorgesehen sein, bspw.
25 oft zweckmäßig ungefähr quaderförmige Gestaltungen oder dergl.
Zu dem Diagramm nach Fig. 5 sei in bezug auf die Ein-
richtung nach Fig. 1 noch erläutert, daß bei der Aus-
wertung des Kennlinienfeldes gemäß Fig. 5 die bei
einem Fühlvorgang zu messende Zeitdauer, wie z.B.
30 $t_1 - t_e$, die bis zum jeweiligen Erreichen der Sonden-
temperatur T_1 bzw. T_2 oder einer sonstigen vorbe-
stimmten Sondentemperatur vergeht, durch ein in
Fig. 1 strichpunktiert eingezeichnetes gesondertes

35

Best Available Copy

1

5

10

Zeitmeßglied 28 erfolgen kann, das durch die Zeitschaltvorrichtung 21 gleichzeitig mit dem Schalter 20 eingeschaltet und vom Temperaturdifferenzglied 41 bei Erreichen der betreffenden Sondentemperatur, wie z.B. T_1 , wieder ausgeschaltet wird und dann die von ihm jeweils abgemessene Zeitspanne in den Rechner 42 eingibt und dann für die nächste Zeitmessung auf Null zurückgestellt wird.

15

Der Rechner 42 bildet zusammen mit dem Kennlinienfeldgeber 43 einen Auswerter der in ihn eingegebenen Daten.

20

Die Einrichtungen nach diesen Ausführungsbeispielen lassen sich für recht große Strömungsgeschwindigkeitsbereiche des Fluids insbesondere von Flüssigkeiten, einsetzen. So können sie bei den in Heizungsvorlaufleitungen oder -rücklaufleitungen von Heizungen üblichen Strömungsgeschwindigkeiten des Heizungswassers ohne weiteres eingesetzt werden. Diese Strömungsgeschwindigkeiten betragen hier im allgemeinen etwa 0,1 bis 2 m/sec.

25

Doch lassen sich mit erfindungsgemäßen Einrichtungen auch noch kleinere oder noch größere Strömungsgeschwindigkeiten messen, sofern sie noch auswertungsfähige Kennlinienfelder oder Kennlinien ergeben.

30

In Fig. 6 sind die durch die gemessenen Zeiten t_1, t_2, t_3 ermittelten Strömungsgeschwindigkeiten v bzw. Durchflüsse des Fluids mit v_1, v_2, v_3 bzw. D_1, D_2, D_3 bezeichnet.

35

Best Available Copy

1
6 Kennlinien ähnlich der nach Fig. 6 kann man auch aus dem Diagramm nach Fig. 4 ableiten. Wenn bspw. die Sontemperatur T_s stets zum Zeitpunkt t_b ermittelt wird, dann kann man, wie es Fig. 14 an einem Beispiel zeigt, eine Kennlinie 33' von v bzw. D als Funktion von T_s in ein Diagramm eintragen, dessen Abszisse T_s und dessen Ordinate v bzw. D ist, wobei $t_b = \text{konst.}$ und $t_e = 0$ gesetzt ist. Auch für andere Zeitpunkte, wie z.B. t_a oder t_c können natürlich solche Kennlinien aufgestellt werden. Wenn bei der Einrichtung nach Fig. 1 bei der Auswertung nur von einer einzigen Kennlinie, wie bspw. 33 oder 33' der Fig. 6 bzw. 14, Gebrauch gemacht wird, genügt es, diese im Speicher 43 zu speichern.

15
20 Da die Erfindung Strömungsgeschwindigkeiten messen läßt, kann sie auch dazu verwendet werden, die Fahrgeschwindigkeit von Wasserfahrzeugen durch Messung ihrer Relativgeschwindigkeit zum Wasser mittels an ihnen angeordneten erfindungsgemäßen Einrichtungen gemäß einer Weiterbildung der Erfindung zu ermitteln.

25 Die in Fig. 11 längsgeschnitten dargestellte Sonde 15 weist einen massiven blockförmigen Körper 13 aus einem Kunststoff schlechter Wärmeleitfähigkeit auf, der ein elektrischer Isolator ist und der an einer Strebe 14 befestigt ist, die ihn im Rohr 10 trägt, von dem nur ein Wandausschnitt dargestellt ist. In diesen Körper 13 ist eine Metallgabel als metallischer Wärmeleiter 39 wie dargestellt eingebettet. Dem einen Gabelarm 73 dieser Metallgabel 39 liegt in geringem

35
Best Available Copy

1

5 Abstand außenseitig ein als Wärmequelle 16 dienender elektrischer Heizwiderstand und dem anderen Gabelarm 73' in geringem Abstand außenseitig ein Temperaturfühler 17 zum Fühlen der Sondentemperatur gegenüber. Der Heizwiderstand 16 wie auch dieser Temperaturfühler 17 sind in den Körper 13 eingebettet. Die Metallgabel 39 ist fast ganz in den Körper 13 eingebettet. Sie bildet jedoch mit dem freien Ende ihres Gabelfußes 71 einen metallischen stufenförmigen Absatz 72 der sich in Strömungsrichtung des Fluids erstreckenden unteren Wand der Sonde 15, welcher stufenförmige Absatz 72 der Strömungsrichtung (Pfeil A) des Fluids entgegengerichtet ist, so daß die Strömung das Metall dieses Absatzes 72 direkt beaufschlägt. Hierdurch wird die Kühlung der Gabel, solange ihre Temperatur durch das Beheizen mittels des Heizwiderstandes 16 über der Fluidtemperatur liegt, von der Strömungsgeschwindigkeit bzw. dem Durchfluß des Fluids im Rohr besonders stark abhängig. Und zwar wird, wie auch in den anderen Ausführungsbeispielen, der Heizwiderstand 16 ab Beginn eines Fühlvorganges der Strömungsgeschwindigkeit bzw. des Durchflusses des Fluids so beheizt, daß er in die Sonde 15 in vorbestimmter Dosierung und/oder mit vorbestimmter Heizleistung Wärme liefert, die wegen des geringen Abstandes des Heizwiderstandes 16 vom gegenüberliegenden Gabelarm 73 praktisch vollständig in diesen Gabelarm 73 und durch diesen Gabelarm 73 hindurch unter Aufspaltung in zwei Strömungswege sowohl in den anderen Gabelarm 73' als auch zum

36

Best Available Copy

1

5 an dem Absatz 72 freiliegenden Bereich oder nur durch
eine dünne Schutzschicht gegen Verschmutzung geschützten
Bereich des Fußes der Metallgabel 39 gelangt, welcher Be-
reich von dem Fluid direkt angeströmt wird. Der Tem-
peraturfühler 17 fühlt die Temperatur des Körpers 13
10 in geringem Abstand gegenüber dem Gabelarm 73', wo
sie stark abhängig ist von v bzw. D. Die jeweils er-
zeugte Wärme fließt praktisch vollständig in das Fluid
ab.

15 Diese Sonde ergibt besonders starken Einfluß der
Parameter v bzw. D auf den Sondentemperaturverlauf
innerhalb großer Geschwindigkeitsbereiche des Fluids.
Es ist auch denkbar, in manchen Fällen den Temperatur-
fühler 17 und/oder den Heizwiderstand 16 unmittelbar
20 an dem betreffenden Gabelarm 73' bzw. 73 anliegen zu
lassen.

Anstatt die Wärme- bzw. Kältequelle bzw. -quellen der
Sonde im Abstand von dem oder den Temperaturfühlern
25 der Sonde anzuordnen, kann in vielen Fällen zweckmäßig
auch vorgesehen sein, daß an der Wärme- bzw. Kältequelle
oder an mindestens einer der Wärme- bzw. Kältequellen
der Temperaturfühler oder mindestens ein Temperatur-
fühler zum Fühlen der Temperatur T_a unmittelbar ange-
ordnet ist, wie es Fig. 12 am Beispiel einer Sonde 15
30 zeigt. Hier ist die Wärmequelle 16 dieser Sonde durch
ein in einen Kunststoffkörper 13 von ihr eingebettetes
Heizelement 16 gebildet, das aus einem Keramikkörper 74
mit einem in diesen eingebetteten elektrischen Heiz-
35 widerstandsdraht 75

Best Available Copy

1

5

bestehen kann und an der Wandung dieses Heizelementes 16 ist unmittelbar ein Temperaturfühler 17 zum Fühlen der Temperatur T_a , die hier der Temperatur des Heizelementes 16 entspricht, angeordnet.

10

15

20

25

30

35

Gegenüber der vom Temperaturfühler abgewendeten Seite des Heizelementes 16 ist in den Kunststoff in geringem Abstand von dem Heizelement 16 ein wärmeleitendes Metallplättchen 39 ähnlich wie bei der Ausführungsform nach Fig. 3 eingefügt, das über den aus die Wärme schlecht leitendem Kunststoff bestehenden Körper 13 der Sonde 15 in das Fluid übersteht. Zur Durchführung jedes einzelnen Fühlvorganges von D bzw. v wird das Heizelement 16 derart elektrisch erwärmt, daß es eine vorbestimmte Wärmemenge in vorbestimmter Zeit abgibt und/oder die Sonde mit vorbestimmter Heizleistung beheizt zur jeweiligen Erzeugung eines Sondentemperaturverlaufes, der abhängig von v bzw. D ist, so daß, wie in den vorangehenden Ausführungsbeispielen erläutert, hierdurch v bzw. D ermittelt werden kann. Und zwar ergibt sich im Falle der Fig. 12, daß die Eigentemperatur des Heizelementes 16 während des ansteigenden Astes des jeweiligen Sondentemperaturverlaufes abhängig ist von v bzw. D , weil der Wärmeabfluß von dem Heizelement 16 zum metallischen Wärmeleiter 39 um so größer ist, je größer v bzw. D im für deren Messung möglichen Geschwindigkeitsbereich des Fluids ist. Demzufolge ist die während des elektrischen Erwärmens des Heizelementes 16 auftretende, vom Temperatur-

Best Available Copy

1

5 fñhler 17 gefñhlte Temperatur des Heizelementes 16
um so grñßer, je kleiner v bzw. D ist, so daß also be-
reits der ansteigende Ast des jeweiligen Sondentempe-
raturverlaufs bzw. dessen Maximum für die Identifi-
10 zierung dieses Sondentemperaturverlaufes und damit
zum Ermitteln von v bzw. D verwendet werden kann.
Aber auch der jeweils absteigende Ast des Sondentem-
peraturverlaufes kann für die Ermittlung von v bzw. D
herangezogen werden, da der während eines einzelnen
Fñhlvorganges von v bzw. D nach Beendigung des elektri-
15 schen Beheizens des Heizelementes 16 weitere Sonden-
temperaturverlauf ebenfalls noch für einige Zeit mit
abhängig von v bzw. D ist.

20 Es ist sogar möglich, daß die Wärmequelle bzw. ggfs.
auch die Kältequelle gleichzeitig selbst einen Tem-
peraturfühler zum Fñhlen der Sondentemperatur oder
einer für die Bildung der Sondentemperatur mit ver-
wendeten Temperatur bildet. Dies ist bspw. zweckmäßig
mittels eines Heizwiderstandes möglich, dessen ohm'-
25 scher Widerstand von seiner Temperatur abhängig ist.
Ein Ausführungsbeispiel einer hierfür geeigneten Vor-
richtung ist in Fig. 13 dargestellt. Die Sonde 15
weist wiederum einen Kunststoffkörper 13 aus schlecht
wärmeleitendem Material mit einem eingesetzten plätt-
30 chenförmigen metallischen Wärmeleiter 39 auf, welcher
etwas über den Kunststoffkörper 13 hinaus in das Fluid
hineinragt. In geringem Abstand gegenüber diesem
Wärmeleiter 39 ist in den Kunststoffkörper 13 ein

35

Best Available Copy

1

6

sowohl als Wärmequelle als auch als Temperaturfühler dienender temperaturabhängiger elektrischer Heizwiderstand 76 eingebettet.

10

15

20

25

30

35

Zur Durchführung eines jeden einzelnen Fühlvorganges von v bzw. D wird ein von einer Zeitschaltuhr 21 betätigbarer Schalter 20 für eine vorbestimmte Zeitdauer geschlossen. Dieser Heizwiderstand 76 wird in diesem Ausführungsbeispiel mit elektrischem Strom aus einer konstante elektrische Leistung liefernden elektrischen Energiequelle 77 gespeist, und zwar über einen Umschalter 78, der, gesteuert durch einen Taktgenerator 79, den Heizwiderstand 76 abwechselnd an diese elektrische Energiequelle 77 und an eine elektrische Sondentemperaturmeßvorrichtung 80 anlegt. Die elektrische Meßvorrichtung 80 mißt, wenn sich der Umschalter 78 in der gestrichelten Stellung befindet, außer T_f auch den elektrischen Widerstand des Heizwiderstandes 76 und damit dessen Eigentemperatur. In der anderen Stellung des Umschalters 78 wird dieser Heizwiderstand 76 mit konstanter elektrischer Leistung zur Abgabe konstanter Wärmeleistung in die Sonde 15 gespeist. Die Meßvorrichtung 80 kann $T_a - T_f$ als Sondentemperatur bilden.

Zur Durchführung eines Fühlvorganges wird der Schalter 20 geschlossen und der Umschalter 78 zuerst in die Beheizen des Heizwiderstandes 76 bewirkende Schaltstellung für eine vorbestimmte Zeitdauer eingeschaltet, bspw. für 10 Millisekunden, und an-

Best Available Copy

1
5 schließend wird eine Messung von $T_s = T_a - T_f$ unter Messung
des ohm'schen Widerstandes und damit der Temperatur T_a
des Heizwiderstandes durch Um-
schalten des Schalters 78 in seine gestrichelte Stel-
lung durchgeführt. Die Zeitdauer dieser Tempera-
0 turmessung kann zweckmäßig vorzugsweise gleich oder
kleiner sein als die Zeitdauer, in der sich der Um-
schalter 78 in der vorangegangenen, dem Beheizen der
Sonde dienenden Schaltstellung befand. Bspw. kann die
Temperaturmessung nur eine Millisekunde dauern, und
5 es wird dann schließend wieder auf die dem Beheizen
des Heizwiderstandes 76 dienende Schaltstellung des
Umschalters 78 bspw. für 10 Millisekunden umgeschaltet.
Dieses Umschalten von der Heizstellung in die Tempe-
raturmeßstellung des Schalters 78 erfolgt zyklisch.
0 Dies kann also bspw. so durchgeführt werden, daß je-
weils 10 Millisekunden beheizt wird, dann eine Milli-
sekunde lang die Temperaturmessung
durchgeführt wird,
danach wieder 10 Millisekunden beheizt, danach wieder
5 eine Millisekunde lang die Temperaturmessung
durchgeführt wird usw. Dies erfolgt so
lange, wie eine Beheizung der Sonde 15 zur Durch-
führung eines einzelnen Fühlvorganges von v bzw. D
vorgesehen ist. Im Ausführungsbeispiel nach Fig. 4
würde sich also dieses alternierende Umschalten des
0 Schalters von seiner Heizstellung in seine Temperatur-
meßstellung vom Anfangszeitpunkt t_e bis t_a erstrecken.
Oder es ist auch möglich, bei jedem Fühlvorgang nur
15

1

5 einmal die Temperatur T_s zu messen, wenn diese nämlich
nur an einem bestimmten Zeitpunkt, z.B. t_a oder t_b oder
 t_c (Fig. 4), des einzelnen Fühlvorganges benötigt wird.
In dem Ausführungsbeispiel gemäß den strichpunktiert
10 absteigenden Kurvenästen der Fig. 5 kann abwechseln-
des Umschalten des Schalters 78 zwischen Beheizen des
Heizwiderstandes und Durchführung einer Temperaturmessung so
lange erfolgen, bis die letzte Temperaturmessung Er-
reichen oder Überschreiten von T_1 ergab und anschließend
mit wird nur noch die Temperatur bis Erreichen von T_2 gefühlt.
15 Es ist auch denkbar, den Heizwiderstand bzw. den Tem-
peraturfühler direkt an den metallischen Wärmeleiter
in Kontakt mit ihm anzuordnen, wenn dies die Verhält-
nisse zulassen.

20

Auch kann die Sonde ggfs. mehrere Temperaturfühler
aufweisen, bspw. in Fig. 3 noch einen zweiten, strich-
punktiert dargestellten Temperaturfühler 17, wobei
dann die Temperatur T_a einem Mittelwert der von
ihnen gefühlten Temperaturen entspricht.

25

30

Anstatt, wie anhand der Fig. 4 bis 7 an Ausführungsbei-
spielen beschrieben, aus einer einzelnen, punktförmig-
gen Stelle des jeweiligen Sondentemperaturverlaufes
diesen jeweiligen Sondentemperaturverlauf zu identi-
fizieren und hierdurch dessen Parameter v bzw. D und
damit die momentane Strömungsgeschwindigkeit bzw. den
momentanen Durchfluß des Fluids während des be-
treffenden einzelnen Fühlvorganges zu ermitteln, kann

35

BEST AVAILABLE COPY

1

hierzu auch mindestens ein mehr oder weniger großer
Bereich des jeweiligen Sondentemperatur-
verlaufes oder der gesamte jeweilige Sondentemperatur-
verlauf herangezogen werden. So erfaßt der Temperaturgra-
dient $\Delta T / \Delta t$ in Fig. 4 keine punktförmige Stelle der
Kurve 30, sondern einen relativ kurzen Bereich dieses
zeitlichen Sondentemperaturverlaufes 30 zu dessen
Identifikation und damit zum Erkennen der momentanen
Parameter v bzw. D und damit zum Ermitteln dieser Werte
 v bzw. D während des betreffenden Fühlvorganges. Oder
es kann aus mehreren punktförmigen Stellen und/oder
Bereichen des jeweiligen Sondentemperaturverlaufes oder
seiner gesamten Kurve auf den momentanen Wert von v
bzw. D geschlossen werden, bspw. durch mehrfache Er-
mittlung von v bzw. D und dessen Mittelwertbildung.
Der oder die mindestens eine Stelle und/oder mindestens
eine Bereich eines Sondentemperaturverlaufes, aus dem
in solchen Fällen dieser Sondentemperaturverlauf zur
Ermittlung seines Parameters v bzw. D identifiziert wird,
können auf dem ansteigenden und/oder absteigenden Ast
des Sondentemperaturverlaufes liegen. Es ist auch möglich,
auch auf andere Weise einen oder mehrere Bereiche des
jeweiligen zeitlichen Sondentemperaturverlaufes zur
Identifikation seines Parameters v bzw. D und damit
zum Ermitteln des während des betreffenden Fühlvorganges
vorliegenden Wertes v bzw. D einzusetzen. So kann bspw.
mindestens ein mehr oder weniger großer Abschnitt des
jeweiligen Sondentemperaturverlaufes bspw. im Diagramm
nach Fig. 4 ein von t_e bis t_a oder von t_b bis t_c oder
von t_a bis t_c reichender oder ein anderer geeigneter
Abschnitt auf seiner ganzen Länge oder durch mehrere
oder viele Punkte seines betreffenden Bereiches zur
Identifikation des betreffenden Sondentemperaturverlaufes
und damit zum Ermitteln von v bzw. D herangezogen werden.
Zu diesem Zweck kann man bspw. im Kenn-

Best Available Copy

1

linienspeicher 43 (Fig. 1) die zur Identifikation
5 vorgesehenen Bereiche einer Vielzahl oder Mehrzahl
von Sondentemperaturverläufen speichern und den je-
weils gefühlten Verlauf des betreffenden Abschnittes
des Sondentemperaturverlaufs mit den gespeicherten
Abschnitten zur Identifizierung des momentanen Sonden-
10 temperaturverlaufes und damit von dessen Parameter v
bzw. D vergleichen.

In Fig. 15 ist eine Sonde 15 gemäß einem weiteren
Ausführungsbeispiel der Erfindung dargestellt. Diese
15 weist ein kreiszylindrisches Metallrohr 82 auf, auf
dessen Umfang elektrisch isoliert eine Heizwicklung 81
als Wärmequelle aufgebracht ist, die gleichzeitig auch
als Temperaturfühler für T_a dient, indem sie aus tempera-
turabhängigem Widerstandsdraht besteht. Diese Heiz-
20 wicklung ist nach außen durch eine Wärmeisolation 83
wärmeisoliert. Der Temperaturfühler kann ggf. auch
getrennt von der Heizwicklung 81 als gesonderter Tem-
peraturfühler vorgesehen sein. Diese Sonde 15 ist im Rohr
10 für das Fluid koaxial angeordnet. Man kann oft auch auf
25 den Temperaturfühler 24 für die Fluidtemperatur T_f
verzichten, insbesondere dann, wenn man die Sonden-
temperatur T_g auf die zu Anfang des jeweiligen Fühl-
vorganges vorliegende Sondentemperatur T_{ao} bezieht. In
den dargestellten Ausführungsbeispielen wäre dann T_{ao}
30 = T_f zum Zeitpunkt t_e . Dies kann z.B. oft dann zweck-
mäßig vorgesehen werden, wenn die Fühlvorgänge stets
in so großen Zeitabständen erfolgen, daß bei Beginn
eines jeden Fühlvorganges stets $T_{ao} = T_f$ ist. Man kann
dann die vom Fühler 17 zu Beginn eines Fühlvorganges
35 gefühlte Temperatur T_{ao} der Fluidtemperatur T_f

Best Available Copy

1 gleichsetzen - in welchem Fall der Temperaturfühler 24
oft auch ganz weggelassen werden kann - und diese An-
fangstemperatur T_{ao} bspw. in einen in Fig. 1 strich-
5 zweipunktiert eingezeichneten Speicher 49, dessen Inhalt
vorher gelöscht wurde, zu Beginn eines jeden Fühlvor-
ganges eingeben und mit diesem gespeicherten Wert T_{ao}
die während dieses Fühlvorganges später im Speicher 41'
gespeicherte Temperaturdifferenz $T_s = T_a - T_{ao}$ bilden.
10 Solches kann man oft zweckmäßig auch dann vorsehen,
wenn T_{ao} von der Fluidtemperatur abweicht, vorzugs-
weise dann, wenn diese Abweichung konstant ist oder der
auf T_{ao} bezogene Sondentemperaturverlauf nicht störend
abhängig ist von $T_{ao} - T_f$.

15 In allen Ausführungsbeispielen ist die Sondentemperatur
 T_s auf die jeweilige Fluidtemperatur T_f bzw. auf T_{ao}
bezogen. Falls T_f als Bezugstemperatur sich während des
einzelnen Fühlvorganges ändert, liegt dann also während
20 des betreffenden Fühlvorganges keine konstante Bezugs-
temperatur vor. Dies kann sich vorteilhaft auf die Meß-
genauigkeit auswirken. Es ist in vielen Fällen auch
möglich und zweckmäßig, die Sondentemperatur T_s bei dem
einzelnen Fühlvorgang auf eine andere konstante oder
25 nicht konstante Bezugstemperatur zu beziehen, bspw. auf
die zu Beginn der Beheizung oder Kühlung vorliegende
Fluidtemperatur oder T_{ao} . Oder es kann in manchen
Fällen die Bezugstemperatur der Gefrierpunkt von Wasser
sein. Eine nicht konstante Bezugstemperatur kann ins-
30 besondere auch dazu vorgesehen sein, um während des
betreffenden Fühlvorganges auftretende Störgrößen, z.B.
sich sehr rasch ändernde Fluidtemperatur, in ihrer
Auswirkung auf die Meßgenauigkeit ganz oder zum Teil
zu kompensieren.

35
Best Available Copy

1

5 Die Sonde 15 nach Fig. 16 und 18 weist einen kreis-
zylindrischen Hohlkörper 61 aus schwach wärmeleitendem
Kunststoff auf, der in die Wandung eines Leitungsrohres
10 eingesetzt ist und in das dieses Leitungsrohr durch-
strömende Fluid , dessen Strömungsgeschwindigkeit v
bzw. Durchfluß D mittels dieser Sonde 15 zu fühlen ist,
hineinragt, so daß dieses Fluid die Sonde 15 anströmt.

Der Hohlkörper 61 weist einen sich im wesentlichen über
die Höhe seines in den Innenraum des Rohres 10 hineinragenden
15 Bereiches erstreckenden, gegen das Fluid , sowie durch
einen wärmeisolierenden Boden 68 auch nach außen
völlig abgeschlossenen Innenraum 62 auf, an dessen
Innenumfangswand nahe der im Fluid befindlichen Decke
63 dieser Sonde 15 ein Bügel 64 aus gut wärmeleitendem
20 Metall, vorzugsweise aus Kupfer formschlüssig fest ange-
ordnet ist, der sich über etwas mehr als 90° dieser
kreiszyllindrischen Innenumfangswand erstreckt, so daß
er in gutem wärmeleitenden Kontakt mit der relativ
dünnen, vom Fluid aussenseitig benetzten Umfangs-
25 wandung des Hohlkörpers 61 steht.

An dem einen Längsende dieses kreisbogenförmig gekrümmten
Bügels 64 ist ein vorzugsweise ebenfalls aus Kupfer oder
einem anderen gut wärmeleitendem Metall bestehender,
30 streifenförmiger Träger 65 in gutem Kontakt mit dem
Bügel 64 formschlüssig fest angeordnet, dessen vom Bügel
64 abstehender flacher Schenkel 66 sich im wesentlichen

35

Best Available Copy

1

5 über die Breite und Höhe einer ebenen Seitenfläche
eines die Sondentemperatur fühlenden Temperaturfühlers
17 erstreckt, an welcher Seitenfläche dieser Schenkel 66
formschlüssig in gut wärmeleitendem Kontakt anliegt.
Dieser Temperaturfühler 17 ist in diesem Ausführungs-
10 beispiel als ein mindestens einen temperaturempfindlichen
Transistor oder mindestens ein anderes temperaturempfind-
liches Element aufweisender integrierter Schaltkreis (IC)
ausgebildet, dessen Anschlußdrähte 67 durch den Boden 68
des Hohlkörpers 61 aus dessen Innenraum 62 nach außen
15 herausgeführt sind.

Am anderen Längsendbereich des Bügels 64 ist ein drahtförm-
iger, steifer Träger 69 aus ebenfalls die Wärme gut
leitendem Metall wie dargestellt angelötet, an dessen
20 vom Bügel 64 im Abstand befindlichen freien Ende ein
als Wärmequelle 16 dieser Sonde 15 dienender Transistor
in gut wärmeleitendem Kontakt befestigt ist, dessen
Anschlußdrähte 70 ebenfalls durch den Boden 68 nach
außen aus dem Hohlraum 62 herausgeführt sind. Auch diese
25 Sonde liefert hervorragende Sondentemperaturverläufe,
die sich über große Bereiche von v und D auf die ihnen
jeweils zugeordneten Werte von v und D leicht und genau
auswerten lassen. Es fließt bei jedem Fühlvorgang
praktisch die gesamte Wärme in das Fluid. Dies trifft
30 auch auf die Sonde 15 nach den Fig. 17 und 19 zu.

Diese Sonde 15 nach Fig. 17 und 19 weist einen Sonden-
körper 34 aus Wärme schwach leitendem Kunststoff auf,
der wie dargestellt mit einem nach außen durch eine Wärme-
35 isolation 88 wärmeisolierten Zapfen 85, mittels dem er
in einem

1

5 vom Fluid, dessen Werte v bzw. D zu fühlen sind,
durchströmten Leitungsrohr 10 in dieses Fluid hinein-
ragend gehalten ist. In diesen Sondenkörper 84 ist als
Temperaturfühler 17 für die Sondentemperatur ein
temperaturabhängiger, integrierter Schaltkreis (IC)
10 eingebettet, der mit einem als Wärmequelle 16 dieser
Sonde 15 dienenden elektrischen Heizdraht umwickelt
ist. Die Anschlußdrähte des Temperaturfühlers 17 und
des Heizdrahtes 16 sind durch den Zapfen 85 hindurch
nach außen herausgeführt. A ≠ 16

15

In den Ausführungsbeispielen ist die Wärmequelle 16
jeweils innerhalb der Sonde 15 angeordnet, was besonders
zweckmäßig ist. Es ist jedoch auch denkbar, in manchen
Fällen die Wärmequelle bzw. mindestens eine Wärmequelle
20 bzw. mindestens eine Kältequelle an der Sonde rand-
seitig anzuordnen.

Damit kein unkontrollierter Wärmefluß in die Sonde hinein
und aus ihr heraus die Meßgenauigkeit stören oder ver-
25 ringern kann, ist es zweckmäßig, wenn die von der min-
destens einen Wärmequelle bzw. Kältequelle in die Sonde
eingeleitete bzw. ihr entzogene Wärme jeweils voll-
ständig oder im wesentlichen in das Fluid einströmt,
bzw. aus dem Fluid in die Sonde einströmt. Dies kann
30 durch geeignete Wärmeisolierung der Sonde oder ihre
Anordnung innerhalb des Fluids unschwer erreicht werden.
Die elektrischen Leitungsdrähte für den Temperaturfühler
und die Wärme- oder Kältequelle können unter Umständen
einen kleinen Teil der von der Wärmequelle oder Kälte-
35 quelle erzeugten bzw. abgeführten Wärme am Fluid vorbei

Best Available Copy

1

5 nach außen oder von außen in die Sonde einleiten, doch
kann dieser stets problemlos sehr klein gehalten werden,
und zwar ohne weiteres vernachlässigbar klein, bspw.
u.a. auch dadurch, daß die Leitungsdrähte durch das
Fluid hindurch geführt sind und dessen Temperatur
annehmen. Auch kann in vielen Fällen ein Wärme fluß
10 zwischen der Sonde und außen während des einzelnen
Fühlvorganges in Kauf genommen werden, wenn die Außen-
temperatur, also bspw. die Umgebungstemperatur einer
das Fluid führenden Leitung ungefähr konstant ist oder
15 hier vorhandene Temperaturschwankungen klein gegenüber
den durch die Wärmequelle bzw. Kältequelle erzeugten
Sondentemperaturen sind oder hierdurch verursachte
Meßfehler in Kauf genommen werden können oder sich bei
über längere Zeiträume, z.B. eine Heizperiode, an-
20 dauernden Wärmemengenmessungen im Mittel ungefähr
herausheben.

25

30

5

Best Available Copy

1

5

Patentansprüche

1. Verfahren zum Fühlen der Strömungsgeschwindigkeit
eines Fluids, vorzugsweise einer Flüssigkeit,
und/oder des Durchflusses eines Fluids durch
eine Leitung oder dgl., wobei das Fühlen der
Strömungsgeschwindigkeit bzw. des Durchflusses
des Fluids diskontinuierlich in einzelnen, Zeit
beanspruchenden Fühlvorgängen erfolgt, dadurch ge-
kennzeichnet, daß der einzelne Fühlvorgang mit Hilfe
einer Sonde erfolgt, die von dem Fluid angeströmt
wird, welche Sonde mindestens eine Wärmequelle bzw.
Kältequelle aufweist, die in wärmeleitender Verbin-
dung mit dem an die Sonde angrenzenden Fluid steht,
wobei ferner die Sonde zur Ermittlung einer Sonden-
temperatur mindestens eine Stelle aufweist, deren
Temperatur mittels eines Temperaturfühlers gefühlt
werden kann, und daß zur Durchführung eines einzelnen
Fühlvorganges der Strömungsgeschwindigkeit bzw. des
Durchflusses der Sonde durch ihre mindestens eine
Wärmequelle bzw. Kältequelle in vorbestimmter
Dosierung und/oder mit vorbestimmter Heiz- bzw. Kühl-
leistung Wärme zugeführt bzw. entzogen wird, derart,
daß die Sondentemperatur infolge des während des
betreffenden Fühlvorganges zwischen der Sonde und
dem Fluid stattfindenden, von der Strömungsgeschwin-
digkeit bzw. dem Durchfluß des Fluids abhängigen

35.

BEST AVAILABLE COPY

1

- 5 Wärmeaustausches einen sich zeitlich ändernden Verlauf -
nachfolgend Sondentemperaturverlauf genannt - erhält,
der abhängig ist von der Strömungsgeschwindigkeit
bzw. dem Durchfluß des Fluids, und daß aus mindestens
10 einer Stelle und/oder mindestens einem Bereich dieses
während des einzelnen Fühlvorganges stattfindenden
Sondentemperaturverlaufes auf die Strömungsgeschwin-
digkeit bzw. den Durchfluß des Fluids geschlossen wird.
- 15 2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß
der Sonde für den einzelnen Fühlvorgang nur mittels
einer einzigen Wärme- bzw. Kältequelle Wärme zugeführt
bzw. entzogen wird und/oder nur an einer einzigen
Stelle der Sonde die Sondentemperatur gefühlt wird.
- 20 3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet,
daß an mindestens zwei im Abstand voneinander ange-
ordneten Stellen der Sonde deren Temperatur gefühlt
und für die der Ermittlung der Strömungsgeschwindigkeit
bzw. des Durchflusses des Fluids dienende Sondentem-
25 peratur ein Mittelwert der Temperaturen dieser Stellen
verwendet wird.
- 30
- 35

Best Available Copy

1

- 5 4. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekenn-
zeichnet, daß die wärmeleitende Verbindung zwischen
der mindestens einen Wärme- bzw. Kältequelle und
dem Fluid durch zwischen dieser Wärme- bzw.
10 Kältequelle und dem Fluid befindliche wärmeleitende
Materie der Sonde bewirkt wird.
- 15 5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch
gekennzeichnet, daß zum Zeitpunkt des Beginns der
Beheizung bzw. Kühlung der Sonde für den einzelnen
Fühlvorgang ihre gefühlte Eigentemperatur der Tempera-
tur des Fluids entspricht.
- 20 6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1-4, dadurch ge-
kennzeichnet, daß zum Zeitpunkt des Beginns der
Beheizung bzw. Kühlung der Sonde für den einzelnen
Fühlvorgang die gefühlte Eigentemperatur der Sonde
von der Temperatur des Fluids abweicht, vorzugs-
weise eine vorbestimmte Differenz zwischen dieser
Eigentemperatur und der Temperatur des Fluids
25 vorliegt.
- 30 7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, daß die Beheizung bzw.
Kühlung der Sonde für den einzelnen Fühlvorgang
durch Zufuhr bzw. Entzug einer vorbestimmten Wärme-
menge erfolgt, wobei diese Wärmemenge vorzugsweise
konstant oder von mindestens
einer Variablen, vorzugsweise der Fluidtemperatur,
abhängig sein kann.

35

Best Available Copy

1

- 5 8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, daß die Beheizung bzw.
Kühlung der Sonde für den einzelnen Fühlvorgang mittels
eines vorbestimmten zeitlichen Verlaufs der ihrer
Beheizung bzw. Kühlung dienenden Heizleistung bzw.
10 Kühlleistung erfolgt, vorzugsweise mit konstanter
Heiz- oder Kühlleistung.
- 15 9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, daß die Beheizung bzw. Kühlung
der Sonde für den einzelnen Fühlvorgang eine vor-
bestimmte Zeitdauer und/oder impulsartig durchgeführt
wird und/oder die der Erzeugung eines Sondentemperatur-
verlaufes dienende Heiz- bzw. Kühlleistung abhängig von
mindestens einer Variablen, vorzugsweise der Fluid-
temperatur ist.
- 20 10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, daß für den einzelnen Fühl-
vorgang auf die Strömungsgeschwindigkeit bzw. den
Durchfluß des Fluids aus dem während der Beheizung
bzw. Kühlung der Sonde oder gegen Ende der Beheizung
25 bzw. Kühlung stattfindendem Sondentemperaturverlauf
und/oder aus dem nach Beendigung der Beheizung bzw.
Kühlung der Sonde stattfindendem Sondentemperaturverlauf
geschlossen wird.
- 30

35

Best Available Copy

1

11. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, daß die Beheizung
5 und/oder Kühlung der Sonde elektrisch erfolgt.

12. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, daß während eines einzelnen
Fühlvorganges aus dem Sondentemperaturverlauf mehr-
10 fach die Strömungsgeschwindigkeit bzw. der Durchfluß
ermittelt und aus diesen ermittelten Werten der
Strömungsgeschwindigkeit bzw. des Durchflusses ein
Mittelwert der Strömungsgeschwindigkeit bzw. des
Durchflusses gebildet wird.

15

13. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, daß bei dem einzelnen
Fühlvorgang ab Beginn der Kühlung bzw. Beheizung
der Sonde eine vorbestimmte Zeitdauer abgemessen
20 wird und aus der während dieser Zeitdauer stattfinden-
den Änderung der Sondentemperatur auf die Strömungs-
geschwindigkeit bzw. den Durchfluß des Fluids ge-
schlossen wird.

25 14. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, daß bei dem einzelnen
Fühlvorgang eine vorbestimmte Änderung der Sonden-
temperatur erfaßt und aus der Zeitdauer, die vom
Beginn der Beheizung bzw. Kühlung der Sonde bis
30 zum Erreichen dieser vorbestimmten Sondentemperatur-
änderung verstreicht, auf die Strömungsgeschwindig-
keit bzw. den Durchfluß des Fluids geschlossen wird.

35

BEST AVAILABLE COPY

1

- 5 15. Verfahren nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet,
daß bei Erreichen des Endes der vorbestimmten Sonden-
temperaturänderung die Beheizung bzw. Kühlung der
Sonde für diesen Fühlvorgang beendet wird oder daß
10 die Zeitdauer gemessen wird, die ab Beginn der
Beheizung bzw. der Kühlung der Sonde bis zum Erreichen
einer vorbestimmten Sondentemperatur, die erst zeit-
lich nach Beendigung der Beheizung bzw. Kühlung auf-
tritt, verläuft und aus dieser Zeitdauer auf die
15 Strömungsgeschwindigkeit bzw. den Durchfluß des
Fluids geschlossen wird.
16. Verfahren nach einem der Ansprüche 1-11, dadurch
gekennzeichnet, daß aus der durch die Beheizung
bzw. Kühlung der Sonde ab Beginn der Beheizung bzw.
20 Kühlung bewirkten, während des betreffenden Fühl-
vorganges auftretenden maximalen Veränderung der
Sondentemperatur auf die Strömungsgeschwindigkeit
bzw. den Durchfluß des Fluids geschlossen wird.
- 25 17. Verfahren nach einem der Ansprüche 1-12, dadurch
gekennzeichnet, daß für den einzelnen Fühlvorgang
der eine vorbestimmte Zeitdauer nach Beginn der
Beheizung bzw. Kühlung der Sonde oder bei einer
vorbestimmten Sondentemperatur vorliegende Temperatur-
30 gradient dT/dt bzw. $\Delta T/\Delta t$, wo T die Sondentemperatur
und t die Zeit ist, des Sondentemperaturverlaufes
ermittelt und aus dieser zeitlichen Ableitung oder
einer höheren zeitlichen Ableitung des Sondentemperatur-
verlaufes auf die Strömungs-
35 geschwindigkeit bzw. den Durchfluß des Fluids ge-
schlossen wird.

Best Available Copy

1

- 5 18. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, daß es zum in vorzugsweise
vorbestimmten Zeitabständen erfolgenden Ermitteln der
Strömungsgeschwindigkeit bzw. des Durchflusses des
Fluids dient.
- 10 19. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, daß die Sondentemperatur
während des einzelnen Fühlvorganges auf eine konstante
oder variable Bezugstemperatur, vorzugsweise auf
15 die momentane Fluidtemperatur bezogen wird.
- 20 20. Verfahren nach Anspruch 19, dadurch gekennzeichnet,
daß die Sondentemperatur während des einzelnen
Fühlvorganges auf die zu Beginn des Fühlvorganges
vorliegende Fluid- oder Sondentemperatur bezogen
wird.
- 25 21. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, daß die Sondentemperatur außer
von der Strömungsgeschwindigkeit bzw. dem Durchfluß
noch von mindestens einer weiteren Variablen abhängig
ist, die bei der Ermittlung der Strömungsgeschwindig-
keit bzw. des Durchflusses mit berücksichtigt wird.
- 30 22. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, daß die von der mindestens
einen Wärmequelle bzw. Kältequelle in die Sonde ein-
gebrachte Wärme bzw. aus ihr entnommene Wärme voll-
ständig oder im wesentlichen in das Fluid einge-
35 leitet bzw. aus ihm entnommen wird.

Best Available Copy

- 1 23. Einrichtung zum Fühlen der Strömungsgeschwindigkeit
und/oder des Durchflusses eines Fluids, vorzugsweise
einer Flüssigkeit, zur Durchführung des Verfahrens
nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch ge-
5 kennzeichnet, daß sie eine Sonde (15) aufweist, die
mindestens eine Wärme- oder Kältequelle (16), die
dieser Sonde für den einzelnen Fühlvorgang in vor-
bestimmter Dosierung und/oder mit vorbestimmter Wärme-
oder Kühlleistung Wärme zuführen oder entziehen kann,
10 und mindestens einen Temperaturfühler (17,24) für die
Ermittlung der Sondentemperatur aufweist, und daß
Auswertemittel (42) zum Ermitteln der Strömungsge-
schwindigkeit und/oder des Durchflusses des Fluids
aus mindestens einer Stelle und/oder mindestens einem
15 Bereich des während des einzelnen Fühlvorganges statt-
findenden sich zeitlich ändernden Sondentemperatur-
verlaufs vorgesehen sind.
- 20 24. Einrichtung nach Anspruch 23, dadurch gekennzeichnet,
daß die mindestens eine Wärme- oder Kältequelle (16)
sich in der Sonde (15) befindet.
- 25 25. Einrichtung nach Anspruch 23 oder 24, dadurch gekenn-
zeichnet, daß die Sonde (15) mindestens einen Körper
geringer Wärmeleitfähigkeit aufweist, innerhalb dem
die mindestens eine Wärme- bzw. Kältequelle und/oder
mindestens ein Temperaturfühler (17) angeordnet ist
bzw. sind.
- 30 26. Einrichtung nach Anspruch 23,24 oder 25, dadurch ge-
kennzeichnet, daß die Sonde (15) mindestens einen
metallischen Wärmeleiter (39) aufweist, der eine
wärmeleitende Verbindung vom durch die Wärme- bzw.
Kältequelle beheizbaren bzw. kühlbaren Inneren der
35 Sonde bis zum oder bis nahe zum Fluid, dessen

Best Available Copy

1

6 Strömungsgeschwindigkeit zu messen ist, bewirkt,
wobei das Fluid mit diesem Wärmeleiter (39) in
Kontakt steht oder von ihm durch eine dünne, wärme-
durchlässige Schutzschicht getrennt ist.

10 27. Einrichtung nach einem der Ansprüche 23-26, dadurch
gekennzeichnet, daß sie der zahlenmäßigen Messung der
Strömungsgeschwindigkeit und/oder des Durchflusses
des Fluids dient.

15 28. Einrichtung nach einem der Ansprüche 23-27, dadurch
gekennzeichnet, daß die Sonde (15) innerhalb eines
dem Leiten des Fluids dienenden Rohres (10) ange-
ordnet ist.

20 29. Einrichtung nach einem der Ansprüche 26 -28, dadurch
gekennzeichnet, daß der metallische Wärmeleiter (39)
der Sonde (15) zwischen der Wärme- bzw. Kältequelle
(16) und dem Temperaturfühler (17) der Sonde ange-
ordnet ist.

25 30. Einrichtung nach einem der Ansprüche 23-29, dadurch
gekennzeichnet, daß die Sonde in einer Wandung eines
dem Leiten des Fluids dienenden Rohres angeordnet
ist und mindestens eine von dem Fluid benetzbare Außen-
30 fläche aufweist und/oder die Sonde eine die mindestens
eine Wärme- bzw. Kältequelle und den mindestens einen
Temperaturfühler aufweisenden Körper (13') aufweist,
der sich im Abstand von dem Fluid befindet und mit
diesem über mindestens eine wärmeleitende Brücke (59)
35 verbunden ist.

Best Available Copy

1

- 5 31. Einrichtung nach einem der Ansprüche 23-30, dadurch gekennzeichnet, daß sie eine Zeitmeßvorrichtung (28) und/oder einen Temperaturfühler (24) zum Fühlen der Fluidtemperatur aufweist.
- 10 32. Einrichtung nach einem der Ansprüche 23-31, dadurch gekennzeichnet, daß die Wärme- bzw. Kältequelle (16) und/oder mindestens ein Temperaturfühler für die Sondentemperatur in die Sonde (15) eingebettet ist bzw. sind.
- 15 33. Einrichtung nach einem der Ansprüche 23-32, dadurch gekennzeichnet, daß der Temperaturfühler oder mindestens ein Temperaturfühler für die Sondentemperatur im Abstand von der mindestens einen Wärme- bzw. Kälte-
20 quelle (16) der Sonde angeordnet ist.
34. Einrichtung nach einem der Ansprüche 23-33, dadurch gekennzeichnet, daß an der Wärme- bzw. Kältequelle
25 bzw. an mindestens einer der Wärme- bzw. Kältequellen der Sonde der Temperaturfühler oder mindestens ein Temperaturfühler für die Sondentemperatur zum Fühlen der Eigentemperatur der betreffenden Wärme- bzw. Kältequelle angeordnet ist.
- 30 35. Einrichtung nach einem der Ansprüche 23-34, dadurch gekennzeichnet, daß der Temperaturfühler (17) durch die betreffende Wärme- bzw. Kältequelle (16) mitge-
35 bildet ist.

Best Available Copy

1

5 36. Einrichtung nach Anspruch 35, dadurch gekennzeichnet,
daß die Wärmequelle einen temperaturabhängigen
elektrischen Heizwiderstand (76) aufweist und daß
während des einzelnen Fühlvorganges das Beheizen
10 der Sonde (15) mittels dieses Heizwiderstandes in
vorbestimmten Zeitabständen jeweils kurzzeitig
unterbrochen wird zur Durchführung einer dem Fühlen
von dessen ~~Eigentemperatur dienenden~~ Messung des
ohm'schen Widerstandes des Heizwiderstandes zum
15 Ermitteln von dessen Temperatur und damit zur in
diesen Zeitabständen erfolgenden Ermittlung der
Sondentemperatur oder einer an der Bildung der
Sondentemperatur mitwirkenden Temperatur zwecks
diskontinuierlichen Fühlens des Sondentemperatur-
verlaufes.

20

37. Einrichtung nach einem der Ansprüche 23-36, dadurch
gekennzeichnet, daß der metallische Wärmeleiter (39)
gabelförmig ausgebildet ist und dem einen Gabelarm
(73) die Wärme- bzw. Kältequelle (16) und der
25 Temperaturfühler (17) an dem anderen Gabelarm (73')
oder ihm benachbart angeordnet ist und der Wärme-
austausch, der während des einzelnen Fühlvorganges
zwischen der Sonde (15) und dem Fluid stattfindet,
überwiegend, vorzugsweise im wesentlichen durch den
30 Fuß (71) des Wärmeleiters (39) hindurch stattfindet.

35

Best Available Copy

1

- 5 38. Einrichtung nach einem der Ansprüche 23-37, dadurch gekennzeichnet, daß sie Schaltmittel, vorzugsweise Zeitschaltmittel (20,21), zum Einschalten bzw. Ausschalten der Wärme- bzw. Kältequelle (16) aufweist.
- 10 39. Einrichtung nach einem der Ansprüche 23-38, dadurch gekennzeichnet, daß die Steuer- und/oder Regelmittel zum Steuern bzw. Regeln ihrer Heiz- bzw. Kühlleistung und/oder der der Sonde beim einzelnen Fühlvorgang zuzuführenden bzw. zu entziehenden Wärmemenge aufweist.
- 15 40. Einrichtung nach einem der Ansprüche 23-39, dadurch gekennzeichnet, daß der Temperaturfühler (17) der Sonde durch eine temperaturempfindliche, integrierte Schaltung, die vorzugsweise mindestens einen
- 20 Transistor aufweist, gebildet ist.
41. Einrichtung nach einem der Ansprüche 23-40, dadurch gekennzeichnet, daß der Temperaturfühler (17) der Sonde mit einem ihre Wärmequelle (16) bildenden
- 25 Heizdraht umwickelt ist und der Temperaturfühler mit Heizdraht in einen Körper geringer Wärmeleitfähigkeit der Sonde eingesetzt, vorzugsweise eingebettet ist.
- 30 42. Einrichtung nach einem der Ansprüche 23-41, dadurch gekennzeichnet, daß die Wärme- bzw. Kältequelle (16) und/oder der Temperaturfühler (17) in einem Hohlraum eines Sondenkörpers (39) geringer Wärmeleitfähigkeit angeordnet ist bzw. sind.

35

Best Available Copy

1

- 5 43. Einrichtung nach einem der Ansprüche 23-42, dadurch
gekennzeichnet, daß stromaufwärts der Sonde (15)
oder an einer anderen von der Temperatur der Sonde
unbeeinflussten Stelle ein Fühler (24) zum Fühlen
der Fluidtemperatur als Bezugstemperatur für die
10 Sondentemperatur angeordnet ist.
- 15 44. Verwendung einer Einrichtung nach einem der Ansprüche
23-43 für einen Wärmemengezähler zum in Zeitabständen
erfolgenden Fühlen der Strömungsgeschwindigkeit bzw.
des Durchflusses des Wärmeträgermediums für die
Wärmemengenzählung.
- 20
- 25
- 30
- 35

Best Available Copy



2/4

FIG.13

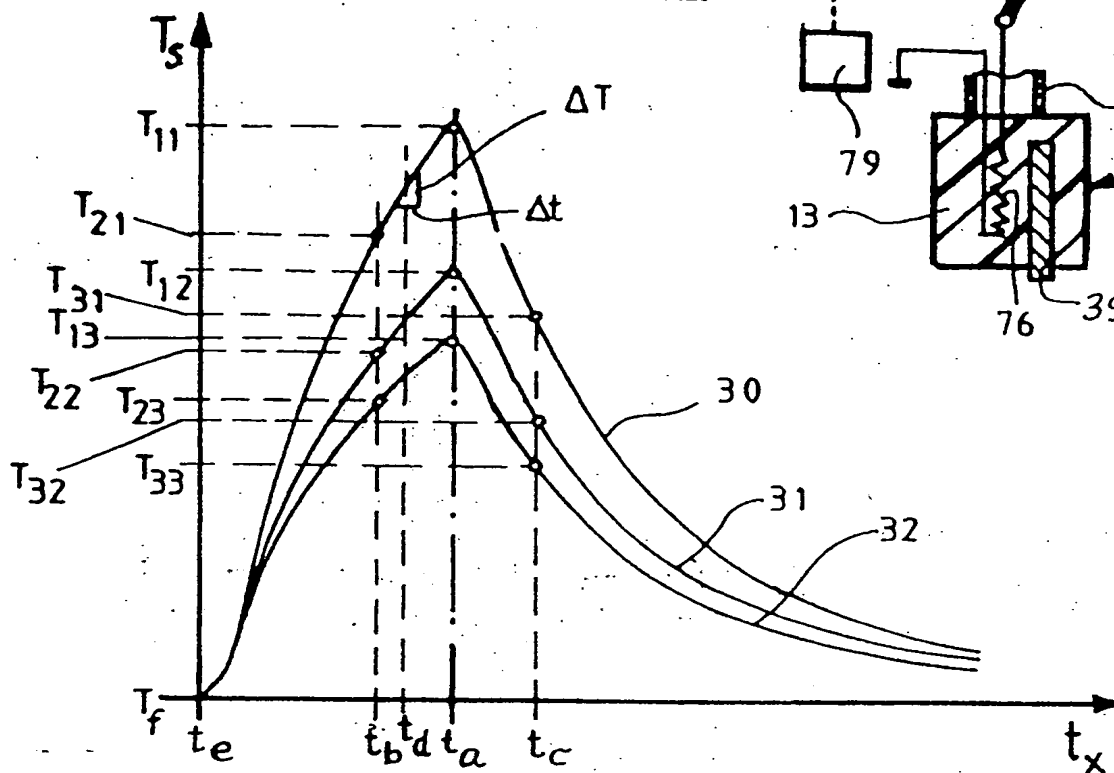
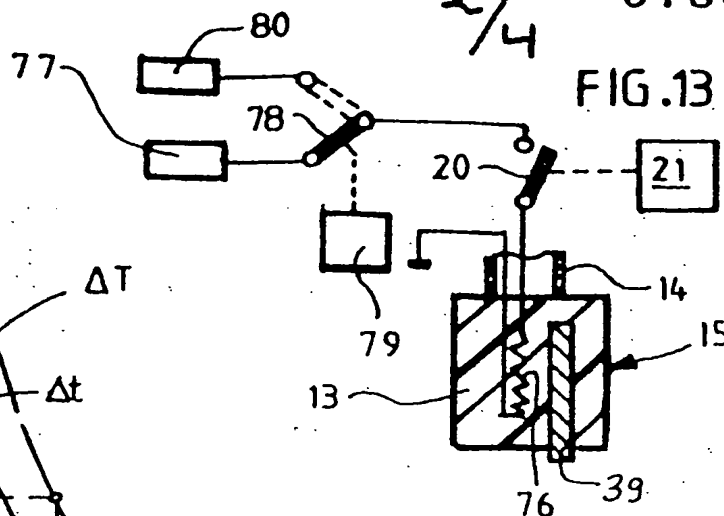


FIG.4

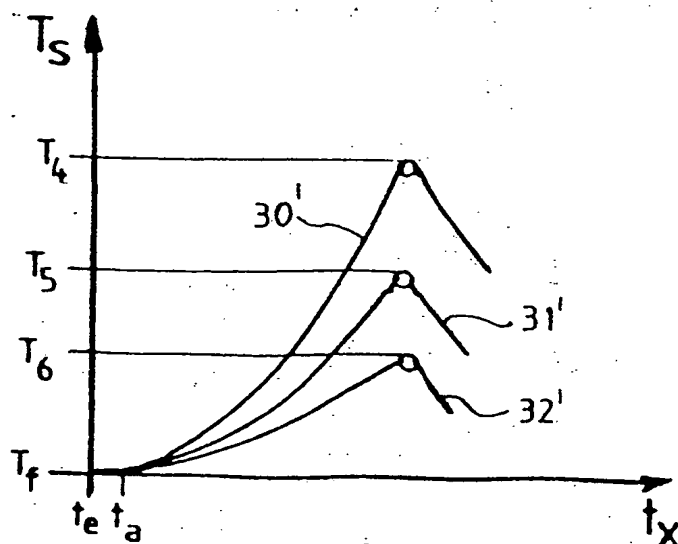


FIG.7

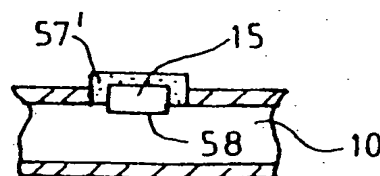


FIG.9

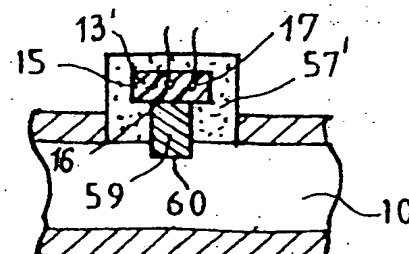
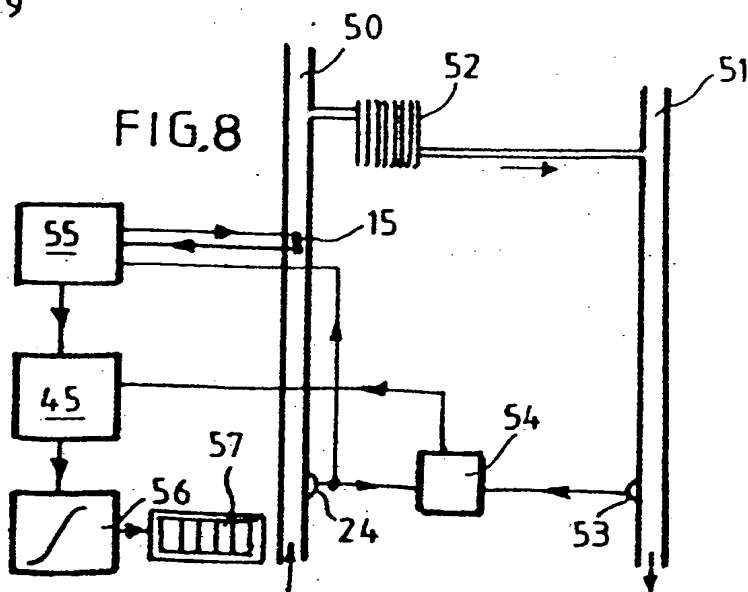
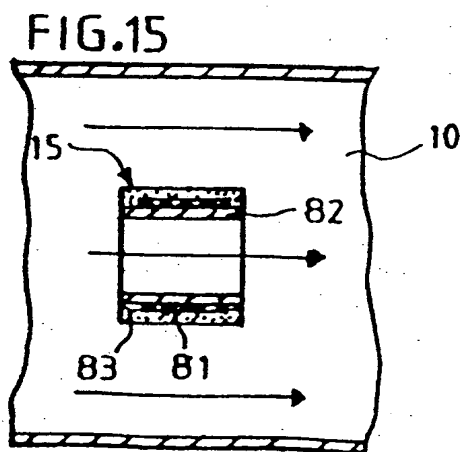
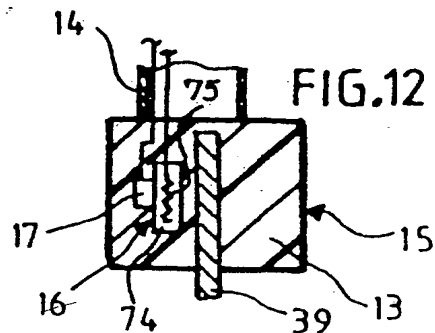
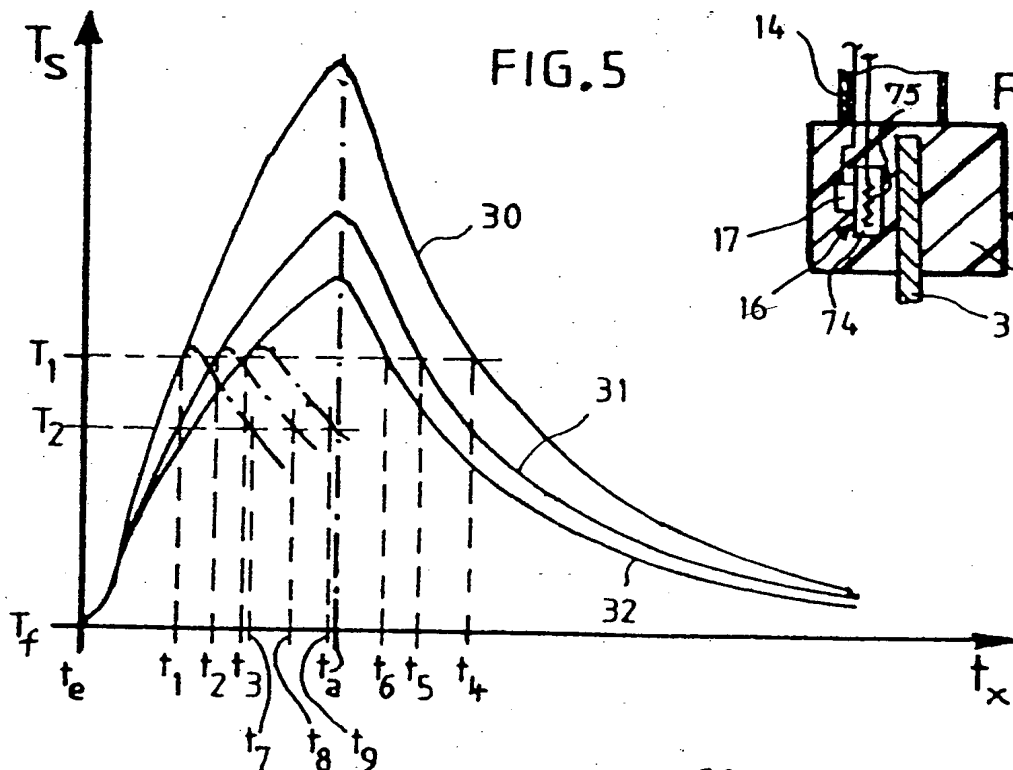
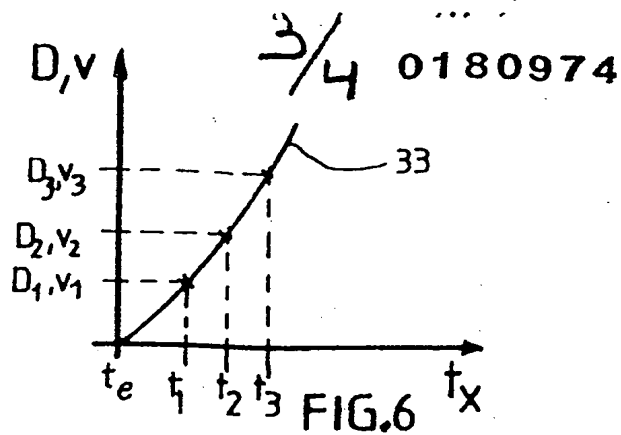
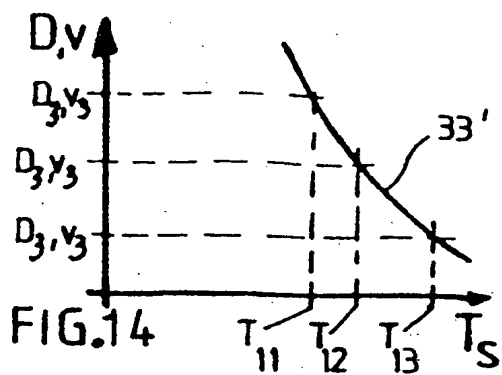


FIG.10

5802

Best Available Copy



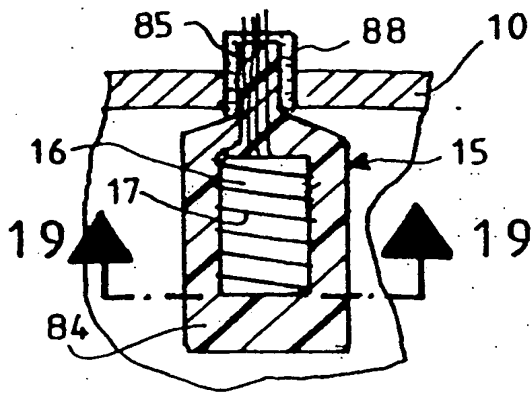


FIG. 17

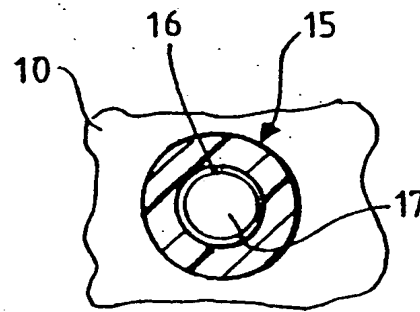


FIG. 19

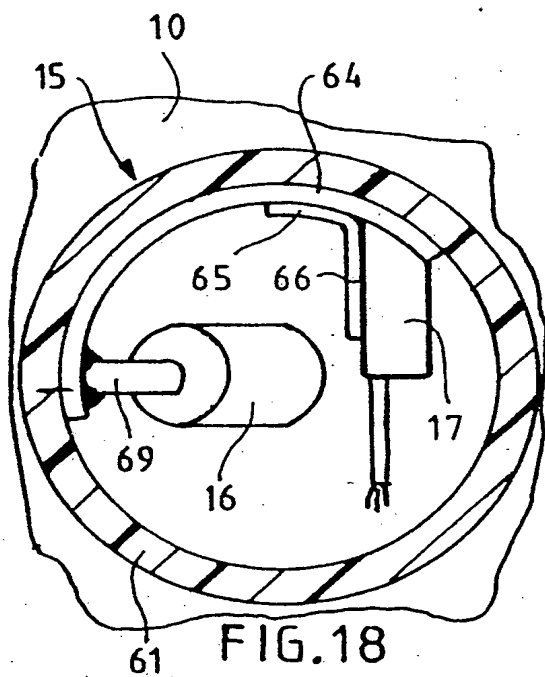


FIG. 18

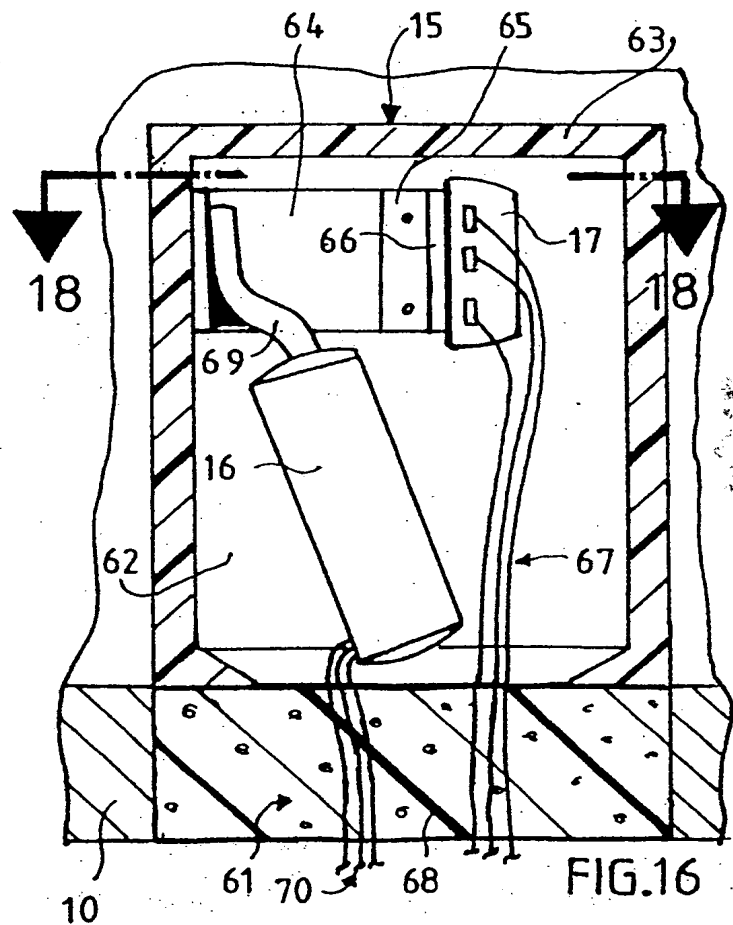


FIG. 16



EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int. Cl. 4)
Y	BE-A- 728 883 (BELGONUCLEAIRE S.A.) * Seite 2, Zeile 19 - Seite 3, Zeile 6; Seite 4, Zeile 24 - Seite 6, Zeile 7; Ansprüche 1,2; Figur *	1-3, 5, 6, 8, 10 , 11, 14 , 15, 18 -20, 23 -25, 27	G 01 P 5/10 G 01 F 1/68
Y		31-34, 38, 39, 41-44	
Y	EP-A-O 103 150 (TECOVA-AG) * Seite 5, Zeilen 1-7; Seite 11, Zeile 15 - Seite 13, Zeile 26; Seite 15, Zeile 11 - Seite 16, Zeile 3; Figuren 1,2 *	1-3, 5, 6, 8, 10 , 11, 14 , 15, 18 -20, 23 -25, 27	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int. Cl. 4) G 01 P G 01 F G 01 K
Y		31-34, 38, 39, 41-44	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort DEN HAAG		Abschlußdatum der Recherche 27-01-1986	Prüfer PENZKOFER, B.
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTEN X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus andern Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument			

best Available Copy



Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

0180974

Nummer der Anmeldung

EP 85 11 4098

Seite 2

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int. Cl. 4)
A	FR-A-2 411 392 (FRANCE EBAUCHES S.A.) * Seite 4, Zeilen 15-26; Seite 5, Zeilen 4-31; Figuren 2,3,6,7 *	1,2,11 ,23,24 ,26,27 ,29,30 ,32,33 ,40,42	
D,A	DE-A-2 934 566 (SIEMENS AG) * Seite 6, Zeile 29 - Seite 8, Zeile 5; Figur 1 *	1,11, 18,22 23,27 28,35 43	
A	WO-A-8 300 227 (BATTELLE MEMORIAL INSTITUTE) * Seite 3, Zeile 31 - Seite 5, Zeile 16; Seite 5, Zeile 30 - Seite 7, Zeile 13; Figur 1 *	1,2,6 11,18 23,24 27,35	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int. Cl. 4)
A	DE-A-3 222 046 (G. WEBER) * Seite 8, Zeile 27 - Seite 10, Zeile 27; Seite 11, Zeilen 24-32; Figuren 1,4 *	1,2,4 23,24 30,32 33	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort DEN HAAG		Abschlußdatum der Recherche 27-01-1986	
		Prüfer PENZKOFER, B.	
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTEN X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus andern Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument			

EP Form 1503 03 82

Best Available Copy

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE																	
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int. Cl. 4)														
A	US-A-2 924 972 (A.E. BIERMANN) * Spalte 3, Zeilen 38-49; Figur 4 * -----	1, 2, 4 11, 23 24, 26 27, 29 32, 33															
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int. Cl. 4)														
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt																	
Recherchenort DEN HAAG		Abschlußdatum der Recherche 27-01-1986	Prüfer PENZKOEFER, B.														
<table border="0"><tr><td>KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTEN</td><td>E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist</td></tr><tr><td>X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet</td><td>D : in der Anmeldung angeführtes Dokument</td></tr><tr><td>Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie</td><td>L : aus andern Gründen angeführtes Dokument</td></tr><tr><td>A : technologischer Hintergrund</td><td></td></tr><tr><td>O : nichtschriftliche Offenbarung</td><td></td></tr><tr><td>P : Zwischenliteratur</td><td></td></tr><tr><td>T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze</td><td>& : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument</td></tr></table>				KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTEN	E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist	X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet	D : in der Anmeldung angeführtes Dokument	Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie	L : aus andern Gründen angeführtes Dokument	A : technologischer Hintergrund		O : nichtschriftliche Offenbarung		P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze	& : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTEN	E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist																
X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet	D : in der Anmeldung angeführtes Dokument																
Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie	L : aus andern Gründen angeführtes Dokument																
A : technologischer Hintergrund																	
O : nichtschriftliche Offenbarung																	
P : Zwischenliteratur																	
T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze	& : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument																